



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE DE FI DE CARRERA

TÍTOL DEL PFC: Estudi per la migració de la ràdio analògica
(Comparativa de Tecnologies)

TITULACIÓ: Enginyeria de Telecomunicació (Segon Cicle)

AUTOR: Lluç Díaz i Ambròs

DIRECTOR: Manuel Cañete i Carrillo

SUPERVISOR: Silvia Ruiz i Boqué

DATA: 14 de març de 2008

Títol: Estudi per la migració de la ràdio analògica (Comparativa de Tecnologies)

Autor: Lluç Díaz i Ambrós

Director: Manuel Cañete i Carrillo

Supervisor: Sílvia Ruiz i Boqué

Data: 14 de Març de 2008.

Resum

Des de finals dels anys 80 diferents estàndards han anat sorgint per a realitzar la migració de la ràdio analògica actual a la ràdio digital. Els diferents països que es van plantejar la implantació de la ràdio digital van escollir l'estàndard que creien més adient, en el cas d'Espanya es va escollir el DAB (Digital Radio Broadcasting). La implantació d'aquesta tecnologia a Espanya la va dur a terme Retevisión, actualment **Abertis Telecom**, amb el desplegament de les xarxes MF-I, MF-II i FU-E. El múltiplex autonòmic català el va desplegar Tradia, que també forma part d'**Abertis Telecom**. L'èxit de la tecnologia DAB a Espanya ha estat reduït i actualment s'estan buscant alternatives que permetin fer arribar aquesta tecnologia al públic, la digitalització és imparable i la convergència tecnològica també arribarà a la ràdio.

Davant del fet de que DAB no ha tingut l'èxit esperat, quines són les tecnologies emergents que podran substituir a la ràdio AM i la FM? Quina serà l'opció que podrà convèncer al públic i a les emissores per fer la migració definitiva? De les tecnologies existents, quina permetrà obtenir majors cobertures? Amb aquest projecte es dona resposta a totes aquestes preguntes, mitjançant un estudi de les tecnologies disponibles, analitzant els avantatges i inconvenients de cada una d'elles. La informació recopilada serveix per a escollir les tecnologies que, es creu, poden prendre el relleu de la ràdio analògica: **DRM** (*Digital Radio Mondiale*) i **FMeXtra**. Es realitza la planificació d'aquestes tecnologies sobre les xarxes d'AM i FM de RNE5, per tal de comparar la cobertura actual, amb la que es podria assolir amb les tecnologies digitals. La planificació de la xarxa es realitza a dues zones d'Espanya amb característiques molt diferents:

- Catalunya: Zona on es concentra la població en els nuclis urbans més important
- Galícia: Zona on la població està molt dispersa

Una vegada realitzat l'estudi de les diferents tecnologies i la planificació, es fa un anàlisi de la inversió econòmica necessària per a la implantació de les tecnologies escollides.

Title: Study for the migration of analog radio (Comparative of Technologies)

Author: Lluç Díaz Ambròs

Director: Manuel Cañete Carrillo

Supervisor: Silvia Ruiz Boqué

Date: March, 14th 2007

Overview

From finals of the eighties different standards have kept on appearing to carry out the migration of current analog radio to digital radio. The different countries that wanted to brought up the implantation of the digital radio chose the standard that they believed more suitable, in the case of Spain it was chosen DAB (Digital Radio Broadcasting). The implantation of this technology in Spain was carried out by Retevisión, at present **Abertis Telecom**, with the deployment of the nets MF-I, MF-II and FU-E. Tradia, which also is part of Abertis Telecom, displayed the Catalan autonomic multiplex. The success of the DAB technology in Spain has been reduced and at present, alternatives that allow this technology to achieve the public are being searched, the digitization is unstoppable and the technological convergence will also arrive to radio.

In the face of the fact that DAB was not as successful as expected, which are the emergent technologies that will be able to substitute radio AM and the FM? Which will be the option that will be able to convince the public and the broadcasters to make the definite migration? Of the existing technologies, which will allow to obtain the best coverages? With this project it is answered all these questions, through a study of the disposable technologies, analyzing the advantages and inconveniences of each one of them. The collected information is useful to choosing the technologies that can take the relief of the analog radio: **DRM** (*Digital Radio Mondiale*) and **FMeXtra**. The planning of these technologies about AM and FM in operation, RNE5, is carried out in order to compare the current coverage with the one that could be attained with the digital technologies. The planning of the net is carried out in two zones of Spain with very different characteristics:

- Catalonia: Zone where the more important population in the urban kernels is concentrated
- Galicia: Zone where the population disperses a lot

Once the study of the different technologies and the planning has been carried out, a study is made about the economical investment necessary for the implantation of the chosen technologies.

Dedicatòria

Han passat més de cinc anys des de que vaig entrar a la universitat de Castelldefels, i tot i ser un tòpic, el temps ha passat molt de pressa. Durant aquest cinc anys hi ha hagut alts i baixos, moments de riure i moments de plorar, persones que han anat i han vingut, però sobretot he pogut viure grans experiències. Experiències que m'han ajudat a créixer a nivell acadèmic, professional i personal.

Hi ha moltes persones que hem venen a la memòria ara mateix, però n'hi ha dues persones a les que vull agrair tot el temps que han estat al meu costat. Els meus pares, Uladislao i Anna Maria, que m'ho han donat tot i m'han ensenyat a ser la persona que sóc ara. Mai podré retornar tot el que ells m'han donat, però tot el meu amor està amb ells sempre. Us agraeixo tot.

Dedico aquest treball a la meva estimada Glòria que m'ha ajudat en els moments més difícils, sempre amb els millors consells i recolzament. Sempre tindràs el teu lloc al meu cor. I als meus germans Lao i Maria, dues espelmes que sempre han il·luminat el meu camí.

Altres persones que han estat en la meva vida des dels principis Guillem, Albert Roger, Enric,...que, tot i que no ens veiem molt, us tinc presents. També els meus companys de pis i d'universitat, en els que he trobat dos grans amics, Ramon i Andreu Pere (només nosaltres sabem el que hem arribat a patir per tirar-ho tot endavant). Altres companys com el Carlos, l'Òscar, en Jordi,...quan vulgueu repetim les nostres trobades.

No vull deixar d'esmentar altres persones que han estat amb mi com són els meus familiars, Mireia, Marc, Carlos, Marta, avi Ramon i iaia Maria, tieta Tere,...A dues persona que ja no hi són, el tiet Narcís, i sobretot el meu tiet Mario, t'enyorem molt.

Donar les gràcies al meu tutor de projecte Manuel Cañete a l'empresa, ell va ser la primera persona que em va donar l'oportunitat d'entrar en el món de les "telecos" com a becari, després de tenir una feina a Abertis Telecom i, finalment, m'ha ajudat a acabar aquesta etapa de la meva vida. Sempre t'ho agrairé. Als companys de feina que més m'han ajudat: Jordi Alcón, Ivan Colomer, Antonio Manchón, Xavier Fisas i Xavier Balletbó, Virginio Vinagre, i al meu amic Valentí.

Finalment, agrair a la Sílvia Ruiz acceptar tutoritzarme, des de la universitat, el PFC tot i saber que no podríem fer un seguiment exhaustiu del projecte. Gràcies.

A tots, gràcies.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. LA RÀDIO	2
1.1. Antecedents Ràdio Analògica.....	2
1.2. La Ràdio Digital.....	3
CAPÍTOL 2. DAB	4
2.1 Sistema DAB	4
2.1.1 COFMD.....	4
2.1.2 MPEG-II	5
2.1.3 Modes del DAB.....	5
2.1.4 Altres Característiques	6
2.2 DAB a Espanya	6
2.2.1 Bandes de Freqüències.....	7
2.2.2 Disponibilitat espectre radioelèctric	8
2.2.3 Fases d'implantació	8
2.2.4 Mode de funcionament	9
CAPÍTOL 3. SITUACIÓ DE LA RÀDIO DIGITAL	10
3.1. Espanya	10
3.1.1 Tecnologia poc i mal promocionada.....	10
3.1.2 Problemes de cobertura	11
3.1.3 Actualitat	11
3.2. Món	11
3.2.1 L'èxit del DAB	12
3.2.1. Alternatives digitals.....	13
3.2.2. Conclusions	13
CAPÍTOL 4. ANÀLISIS DE LES TECNOLOGIES EXISTENTS	14
4.1 Compartint banda (IBOC)	14
4.1.1. DRM: Digital Radio Mondiale	14
4.1.2. HD-Radio	15
4.1.3. FMeXtra	17
4.2. Banda Dedicada.....	18
4.2.1. DAB +	18
4.2.2. DAB-Satellite	18
4.3. Banda Compartida amb altres serveis digitals	19
4.3.1. DAB-IP	19
4.3.2. DMB.....	20
4.3.3. DVB-H.....	21
4.3.4. Altres.....	21

CAPÍTOL 5. VIABILITAT D'IMPLANTACIÓ DE LES TECNOLOGIES ESTUDIADAES	22
CAPÍTOL 6. ESTUDI TECNOLÒGIC.....	24
6.1. DRM (Digital Radio Mondiale)	24
6.1.1. Codificació de font	24
6.1.2. Codificació de canal	25
6.1.3. Paràmetres de planificació OM	25
6.1.4. Paràmetres de planificació FM	25
6.2. FMeXtra.....	26
6.2.1. Codificació de font	26
6.2.2. Codificació de canal	27
6.3. Taula Resum	27
CAPÍTOL 7. PLANIFICACIÓ DE COBERTURA	28
7.1. Nivells de recepció	28
7.2. Simulacions.....	29
7.2.1. Funcionalitats i paràmetres ICS Telecom	29
7.2.2. Models de propagació ICS	30
7.2.3. Paràmetres de Simulació de ICS	30
CAPÍTOL 8. CARACTERISTIQUES ESTACIONS DE LA XARXA.....	33
8.1. Catalunya.....	33
8.1.1. Estacions FM	33
8.1.2. Estacions AM.....	34
8.2. Galícia	35
8.2.1. Estacions FM	35
8.2.2. Estacions AM.....	36
8.3. Característiques de radiació	37
8.3.1. Estacions FM	37
8.3.2. Estacions AM.....	38
CAPITOL 9. SIMULACIONS.....	39
CAPITOL 10. POBLACIONALS	40
10.1. Població Coberta a Catalunya.....	41
10.1.1. FM.....	41
10.1.2. AM	41
10.2 Població coberta a Galícia.....	42
10.2.1 FM.....	42
10.2.2. AM	43
CAPITOL 11. COSTOS IMPLANTACIÓ.....	44
11.1. FMeXtra.....	44

11.1.1. Implantació FMeXtra a la xarxa FM de RNE5 a Catalunya	44
11.1.2. Implantació FMeXtra a la xarxa FM de RNE5 a Galícia	45
11.2. DRM.....	45
11.2.1. Implantació DRM a la xarxa AM de RNE5 a Catalunya.....	46
12. RECEPTORS	48
12.1. DRM.....	48
12.2. FMeXtra.....	48
13. CONCLUSIONS	49
13.1. Línies futures	49
13.2. Impacte Mediambiental	50
BIBLIOGRAFIA	51

ÍNDIX DE FIGURES

Fig. 3.1. Situació mundial del DAB any 2005.....	12
Fig. 4.2. Situació HD-Radio a nivell mundial 2006 (font iBiquity).....	16
Fig. 7.1. “Clutters” generats a partir de la recomanació ITU-R 832-2.....	31
Fig. 9.1. A l'esquerra, cobertura Best Server a la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb tecnologia FM estèreo. A la dreta cobertura Best Server a la xarxa AM de RNE5 a Catalunya amb tecnologia DRM.....	39

ÍNDEX DE TAULES

Taula 2.1. Modes DAB [7]	6
Taula 2.2. Blocs de Freqüència reservats a Espanya pel DAB []	7
Taula 6.1. Taula resum tecnologies de ràdio digital	27
Taula 7.1. Nivells de camp mínims en el receptor per a poder considerar que és zona de cobertura	28
Taula 7.2. Nivells de camp mínim en FM per a les diferents zones i cada tecnologia	31
Taula 7.3. Nivells de senyal mínim en AM per a les diferents zones i cada tecnologia, per AM valors de nivells més crítics i per DRM aproximació a partir de la sensibilitat	32
Taula 10.1. Població coberta a Catalunya amb les tecnologies a la banda de FM, detall per províncies.....	41
Taula 10.2. Població coberta a Catalunya amb les tecnologies a la banda d'AM, detall per províncies.....	41
Taula 10.3. Població coberta a Galícia amb les tecnologies a la banda de FM, detall per províncies.....	42
Taula 10.4. Població coberta a Galícia amb les tecnologies a la banda d'AM, detall per províncies.....	43
11.1. Cost aproximat implantació FMeXtra a Catalunya	44
11.2. Cost aproximat implantació FMeXtra a Galícia	45
Taula 11.3. Cost equips transmissors DRM a Catalunya	46
Taula 11.4. Altres costos xarxa DRM a Catalunya	46
Taula 11.5. Cost equips transmissors DRM a Galícia	47
Taula 11.6. Altres costos de DRM a Galícia	47

INTRODUCCIÓ

La tecnologia analògica va donar la benvinguda a la tecnologia digital ja fa unes quantes dècades amb l'arribada de les primeres computadores, i des de fa uns quants anys la digitalització ha arribat a tots els camps que treballaven en analògic. La convergència tecnològica, és a dir que totes les tecnologies de difusió i compartició de continguts treballin en format digital per tal que no hi hagi barreres entre elles, és actualment una realitat que han d'acceptar tots els proveïdors i usuaris de continguts analògics. Internet i telefonia funcionen de forma totalment digital, la televisió està ens els últims passos d'implantació digital (TDT), que passarà doncs amb la ràdio? La ràdio, la primera de les tecnologies de difusió, és la que està tenint més reticència a la digitalització. No ha faltat voluntat i iniciatives per intentar la migració per deixar endarrere la AM i la FM. A Espanya, per exemple, es va apostar en el seu moment per el DAB, un sistema que, des del punt de vista tecnològic, és un sistema molt eficient i que ofereix grans possibilitats. Els problemes van arribar quan es va fer la implantació real. Cada canal DAB està format per sis múltiples, i a cada un d'ells s'hi allotjava un client, això ja va ser un punt de discòrdia, ja que cada un dels concessionaris del múltiple tenia clients objectiu diferents i per tant volien cobertures diferents. Aquest fet, sumat a que no hi havia canals suficients per a totes les emissores que estan funcionant actualment en FM, i a que la banda de freqüències de treball del DAB té pitjors característiques de propagació que la FM i la AM, han provocat que el DAB ja no sigui un candidat a la successió de la tecnologia analògica.

La ràdio analògica es troba en una posició molt curiosa, segueixen sortint concursos autonòmics i locals per a concessió de llicències d'emissió i els proveïdors dels serveis radiofònics segueixen invertint en la ràdio FM. Sembla, que és una situació poc lògica en el món dels *IPods*, dels MP3, de la ràdio per Internet, del *Youtube*,...tot continguts digitals. A més, quan el canal de **broadcast** de **3G** funcioni i puguin fer difusió de continguts per al mòbil, que faran el difusors de ràdio analògica?

En aquest projecte es proposa trobar una solució tecnològica a aquesta cruïlla per tal d'oferir una sortida als difusors de ràdio analògica, apostant sobretot per tecnologies del tipus IBOC (compartint banda), ocupant els mateixos canals i bandes de freqüències que s'ocupen actualment per la radiodifusió, però intentant mantenir les emissions analògiques per tal de fer la migració menys traumàtica pel públic. Es realitzarà un estudi de quines són les possibilitats d'implantació d'una nova tecnologia de ràdio digital. L'objectiu és planificar amb el simulador de xarxes radioelèctriques **ICS** dues xarxes que permetin tenir els mateixos nivells de cobertura de la **AM-FM** a Catalunya i a Galícia. S'han escollit aquestes dues comunitats perquè tenen característiques de distribució de la població diferenciades, i permetran l'estudi de dos escenaris distints. A part es farà un estudi de quina és la tecnologia digital que permetrà una implementació real que beneficiés tant a clients com a emissores, tenint en compte: població coberta, disponibilitat d'equips, preus equips transmissors y receptors, disposició de les emissores,...

CAPÍTOL 1. LA RÀDIO

*Tots els canvis, inclús els més anhelats,
tenen la seva melancolia, ja que el que deixem
enrere és una part de nosaltres mateixos; s'ha
de morir una vida per entrar en una altre."*

Anatole France

1.1. Antecedents Ràdio Analògica

Des de que es van començar a utilitzar les teories sobre ones electromagnètiques de Heinrich Herz per a crear el primer receptor, la propagació ràdio i la ràdio en si mateixa ha patit un procés d'evolució constant. L'arribada de la telegrafia sense fils, inventada per Guillem Marconi, va permetre que les senyals sonores es poguessin propagar a distàncies d'uns 20 quilòmetres, en aquell moment les senyals no podien transportar ni paraules ni sons musicals.

A principis de segle XX, i gràcies a les aportacions de Fleming i Fesseden, es comencen a fer transmissions de la veu humana. El invent el 1913 de l'oscil·lador per part de Edwin Howard Armstrong va permetre el desenvolupament definitiu de la ràdio AM (*Amplitude Modulation*). Les primeres emissions de ràdio es van realitzar a Nova York el 1916. La tecnologia va viatjar ràpidament a l'altra banda de l'oceà, i el 1920 es realitzava a Anglaterra la primera emissió pública de ràdio. D'aquesta manera va néixer una nova indústria, que fins i tot actualment està tenint un creixement explosiu.

El 1933 el mateix Armstrong va desenvolupar un altre sistema d'emissió de senyals ràdio: la FM (freqüència modulada). En aquest sistema la freqüència emesa per l'oscil·lador es canvia en funció del valor de l'amplitud de l'ona sonora que es desitja transmetre. Com més intensa sigui l'ona acústica, més alt serà el valor de la freqüència emesa.

La transmissió amb FM, iniciada a Estats Units el febrer de 1941, comparada amb la AM, té l'avantatge de que les seves transmissions no s'alteren amb les pertorbacions, siguin atmosfèriques o produïdes per altres ràdios, que afecten a l'amplitud de la ona però no a la freqüència. En la FM no es existeix el fenomen d'"estàtica", que és un soroll sistemàtic que es sent en les emissions d'AM. Amb el temps van anar apareixent millores amb la introducció de la senyal estèreo, compatible amb la mono, i més endavant a la senyal digital RDS.

La FM és un sistema molt robust que dona unes condicions d'emissió molt bones, això provoca que actualment segueixi essent una tecnologia amb molt èxit comercial.

1.2. La Ràdio Digital

La FM és una tecnologia que com ja s'ha comentat, ofereix molt bones qualitats d'emissió, però la convergència tecnològica digital i la constant cerca de millors qualitats allunyen la ràdio de l'analògic. Actualment, la tecnologia digital pot augmentar un 50% la qualitat de so produïda mitjançant les tècniques convencionals, però aquest augment no serà del 100% fins que la difusió no es realitzi de forma digital (radiodifusió digital). Això constitueix un repte important per a les emissores, ja que, el client, que pren com a referència la qualitat de so digital del format compact disc, comença a exigir la mateixa qualitat en el so radiofònic.

La transmissió amb tècniques analògiques pateix els problemes de la degradació de la senyal, que va acumulant soroll y distorsions a cada una de les etapes per les que va passant. En canvi, amb les noves tècniques digitals, la senyal pateix menys degradacions, ja que s'incorporen mètodes de correcció d'errors per a compensar les distorsions que poden alterar la informació. D'aquesta manera la informació digital es pot transportar y emmagatzemar de forma senzilla i utilitzant menys espai.

Un altre avantatge que ofereix la transmissió digital ve donada per la pròpia naturalesa de la informació digital: la **informació es pot processar**. Aquesta característica permet que els receptors actuïn com a petits ordenadors que poden tractar les dades. Això permet, a més d'eliminar el soroll, que les emissores puguin enviar les dades que vulguin, per donar un valor afegit al seu servei. Exemples poden ser: títols de cançons, lletres, mapes meteorològics, informació del tràfic, etc.

En resum, les tècniques digitals milloren la qualitat de transmissió y recepció, permeten el desenvolupament de noves tècniques de producció i ofereixen més varietats de serveis que les tècniques analògiques.

CAPÍTOL 2. DAB

El que actualment es coneix com a estàndard europeu DAB (Digital Audio Broadcasting), és el sistema de radiodifusió digital desenvolupat per el projecte Eureka 147 impulsat per la Unió Europea de Radiodifusió (UER). L'objectiu era especificar un sistema de radiodifusió digital vàlid per a comunicacions terrestres i per satèl·lit.

El 1995, l'*European Telecommunication Standard Institute* (ETSI) va adoptar el DAB com a estàndard únic europeu (ETS 300 401). A nivell mundial, la Recomanació 1114 de la International Telecommunications Union (ITU) aconsella utilitzar el DAB com a sistema de difusió terrestre i per satèl·lit.

2.1 Sistema DAB

El DAB és un sistema molt robust dissenyat per a receptors domèstics portàtils y, específicament, per a la recepció mòbil. Aquesta tecnologia no té els mateixos problemes d'interferències que la FM quan es reben moltes senyals de diferents punts: del propi transmissor, reflexions, dispersions i difraccions que varien en el temps. Amb DAB s'aconsegueix que la majoria de les senyals que entren en el receptor es sumin i contribueixin constructivament en la recepció.

La tècnica DAB permet introduir múltiples canals en l'espectre, i per tant molts programes. La quantitat de programes que podem introduir en l'espectre es multiplica. A cada canal se li assigna un *múltiplex* i dintre de cada *múltiplex* es poden introduir un número de programes, que depèn de la qualitat que es requereixi. A Espanya s'ha establert, legalment, la difusió de sis canals per cada *múltiplex*.

La qualitat dels programes *DAB* és similar a les dels *CD*, però no exactament la mateixa, tot i que per l'oïda humana sona igual. Per poder emetre 6 programes en un mateix múltiplex és necessari reduir informació, eliminant aquella que l'oïda humana no és capaç de sentir, mantenint una qualitat convenient per a la radiodifusió.

El sistema DAB es basa en dos principis fonamentals: la codificació de la font **MPEG-II** i la codificació de canal **COFDM**.

2.1.1 COFMD

El DAB presenta una gran novetat tècnica a la radiodifusió, que és, possiblement, més important que la qualitat digital de l'àudio o la gran capacitat del canal. Aquesta novetat consisteix en l'ús de la tècnica OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) que permet l'establiment de xarxes de freqüència

única i elimina tots els problemes d'interferències que pateixen les transmissions analògiques.

La implementació de la xarxa de freqüència única és molt important per a la recepció mòbil. Implica que tots els emissors d'una xarxa utilitzen la mateixa freqüència per a la transmissió d'un programa en tota la seva àrea de cobertura. D'aquesta manera, per exemple, un vehicle que es desplaça no necessita tornar a sintonitzar continuament el servei. L'ús de la freqüència única també fa un ús més eficient de l'espectre.

La majoria d'interferències són produïdes durant la recepció mòbil per la propagació múltiple. La propagació múltiple significa que la senyal que es rebrà a l'antena és una superposició de la senyal transmesa i de les seves reflexions en edificis i altres objectes que es trobin en el seu camí. Aquesta superposició produeix una interferència que s'anomena "*dependent de la freqüència*".

Mitjançant la multiplexació OFDM la informació es reparteix entre 1536 portadores, distribuïdes en un ample de banda de 1,5Mhz. Aquestes portadores s'entrellacen en temps i freqüència, i estan codificades de forma redundant. Això implica que la interferència només afecta a algunes de les portadores, de manera la majoria es reben lliures de soroll. Amb la redundància d'informació i la incorporació de tècniques digitals de correcció d'errors és possible reconstruir la seqüència de bits en el receptor.

2.1.2 MPEG-II

Una senyal digital estèreo, com la del CD, necessita una capacitat de 1,4Mbit/s. Però el DAB utilitza una tècnica de compressió d'àudio, denominada MPEG Àudio Capa 2 (Musicam), que proporciona una reducció de capacitat de factor 7, de manera que necessitem només 192 Kbps.

MPEG-II comprimeix el so tenint en compte les característiques *psicoacústiques* de l'oïda humana. De manera que el que s'aconsegueix és eliminar aquelles freqüències que són irrellevants o redundants. Aquesta capacitat de compressió, proporciona al DAB la capacitat d'allotjar fins a 6 programes de música estèreo en l'ample de banda d'un canal (1,5MHz). Aquesta capacitat, a més, és flexible, de manera que si no es necessita qualitat estèreo en un programa, l'espai en que pot dividir-se és de dos programes de qualitat monofònica.

2.1.3 Modes del DAB

Existeixen diferents configuracions per a les emissions de l'estàndard DAB, a la taula 1.1. trobem aquest modes.

Taula 2.1. Modes DAB [6]

Paràmetre	Mode I	Mode II	Mode III	Mode IV
L	76	76	153	76
K	1536	384	192	768
T _F	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
T _{NULL}	1297 μs	324 μs	168 μs	648 μs
T _s	1297 μs	312 μs	156 μs	623 μs
T _U	1 ms	250 μs	125 μs	500 μs
D	96 Km	24 Km	12 Km	48 Km
FIB en trama de transmissió	12	3	4	6
FIC en trama de transmissió	4	1	1	2

L: Número de símbols OFDM per trama de transmissió

K: número de portadores

T_F: Durada de la trama de transmissió

T_{NULL}: Durada del símbol nul

T_s: Durada del símbol OFDM

T_U: Interval de guarda teòric

D: Distància màxima nominal entre transmissors

2.1.4 Altres Característiques

- **Bandes de Freqüència:** Banda III (174 MHz a 240 MHz) i Banda L (de 1452 MHz a 1492 MHz).
- **Avantatges:**
 - Xarxes de freqüència única
 - Sistema desenvolupat mundialment.
- **Inconvenients:**
 - Cost elevat per garantir la mateixa cobertura que FM
 - Eficiència espectral limitada en comparació a altres tecnologies

2.2 DAB a Espanya

El Juliol de 1999 el Govern va aprovar la norma que ordenava la radiodifusió digital, mitjançant el REAL DECRET 1287/1999 de 23 de Juliol, un sector que despertava unes grans expectatives. L'any 2000 Abertis Telecom, mitjançant el que llavors eren **Tradia** i **Retevisión**, van fer la implantació de les xarxes a Catalunya i a la resta d'Espanya respectivament:

- **FU-E:** Múltiplex de freqüència única nacional, amb 4 programes reservat per a l'*Ente Público Nacional de Radiodifusión*, i dos programes concedits a difusors privats
- **MF-1:** Múltiplex nacional amb desconnexions territorials, amb 2 programes reservats per a l'*Ente Público Nacional de Radiodifusión* i quatre programes per a difusors privats
- **MF-2:** Múltiplex nacional amb desconnexions territorial, amb 6 programes per a difusors privats
- **FU-CAT:** Múltiplex autonòmic a Catalunya, amb tres programes reservats per als difusors públics autonòmics i tres per a donar en concessió. Cada comunitat autònoma té un múltiplex amb sis programes de la mateixa manera que Catalunya.

2.2.1 Bandes de Freqüències

La radiodifusió sonora digital s'explota en les següents bandes freqüencials

- 195 a 216 MHz (blocs 8A a 10D)
- 216 a 223 MHz (blocs 11A a 11D)
- 1452 a 1467,5 MHz
- 1467,5 a 1492 MHz

A la **Taula 2.2.** es mostra informació més detallada dels blocs de freqüències del DAB.

Taula 2.2. Blocs de Freqüència reservats a Espanya pel DAB [6]

	Bloc	Marges del bloc (MHz)
Banda VHF3	8A	195,168-196,704
	8B	196,880-198,416
	8C	198,592-200,128
	8D	200,304-201,840
	9A	202,160-203,696
	9B	203,872-205,408
	9C	205,584-207,120
	9D	207,296-208,832
	10A	209,168-210,704
	10B	210,880-212,416
	10C	212,596-214,128
	10D	214,304-215,840
	11A	216,160-217,696
	11B	217,872-219,408

	11C	219,584-221,120
	11D	221,296-222,832
Banda L	LA	1.452,192-1.453,728
	LB	1.453,904-1.455,440
	LC	1.455,616-1.457,152
	LD	1.457,328-1.458,864
	LE	1.459,040-1.460,576
	LF	1.460,752-1.462,288
	LG	1.462,464-1.464,000
	LH	1.464,176-1.465,712
	LI	1.465,888-1.467,424

2.2.2 Disponibilitat espectre radioelèctric

Les emissions de televisió analògica en VHF entre els canals 8 i 11 a les que funcionaven TVE1 y TVE2 en alguns centres, van haver de migrar cap a canals entre el 23 i el 65.

Les emissions que estaven entre 1452 MHz i 1492 MHz van haver de desaparèixer, sense la possibilitat de reubicació de les seves emissions.

2.2.3 Fases d'implantació

Es distribuïa la introducció i implantació de la radiodifusió sonora digital en quatre fases:

- *Primera fase:* En les xarxes FU-E s'havia d'iniciar la primera fase quan es garantís una cobertura del 20% de la població nacional abans de l'any 2000. En les xarxes FU autonòmiques s'iniciava la primera fase quan es garantís una cobertura del 10% de la població total de la Comunitat Autònoma abans de l'any 2000. Aquesta fase tenia una durada de 18 mesos, amb l'objectiu d'arribar com a mínim a una cobertura del 50% de la població en el seu àmbit territorial.
- *Segona fase:* En les xarxes MF-I i MF-II s'havia d'iniciar la segona fase quan es garantís una cobertura del 20% de la població nacional i abans del 30 juny del 2000. Aquesta fase tenia una durada de 12 mesos, amb l'objectiu d'assolir una cobertura del 50% de la població nacional.
- *Tercera Fase:* S'havia d'iniciar en les xarxes FU-E, MF-I i MF-II abans del 30 de juny de l'any 2001. Aquesta fase tindrà una durada de cinc anys amb l'objectiu de completar una cobertura del 80% de la població territorial.

- *Quarta fase:* S'havia d'iniciar en les xarxes FU-E, MF-I i MF-II, abans del juny de 2006, i en les xarxes de les comunitats autònomes abans del 30 de juny de 2006. Aquesta fase havia de tenir una durada de 20 anys amb l'objectiu de completar, com a mínim, el 95% de cobertura nacional.

2.2.4 Mode de funcionament

El mode de funcionament del DAB a Espanya i Catalunya es el **Mode 1** amb algunes variacions. A continuació es mostren els valors dels paràmetres més rellevants de les emissions DAB:

- Capacitat Múltiplex: 1,5 Mbps
- Número programes: 6
- Taxa màxima de transmissió: 192 Kbps
- Número de portadores: 1536
- Modulació: DQPSK
- Protecció FEC: Codificació Convolutcional
- Interval de guarda: 246 μ s
- Retard relatiu: 0 μ s

CAPÍTOL 3. SITUACIÓ DE LA RÀDIO DIGITAL

Per predir quina pot ser la millor opció tecnològica per tal que la ràdio digital assolixi l'èxit esperat, és important conèixer la situació actual de les tecnologies de difusió digital a nivell mundial.

3.1. Espanya

Tot i les expectatives despertades en un principi degut a l'aparició de la llei reguladora, avui en dia la situació es ben diferent: el número de receptors és limitat, el desenvolupament tecnològic no s'ha produït al ritme que s'esperava i el grau de coneixement per part de l'audiència resulta quasi nul.

El pla Tècnic de 1999 es va completar amb les concessions de les llicències de ràdio digital que el Govern va aprovar el març del 2000. En aquells moments es va dipositar grans esperances en el suport digital, els càlculs indicaven que els beneficis arribarien cap a l'any 2006 o 2007. S'esperava que la pròpia audiència abandonés el vells transistors una vegada provat el nou sistema. Segons comentava Alfonso Ruiz de Assín, president de l'Associació Internacional de Radio (AIR), a mitjans del 2006: *“Ens trobem en un punt de pràctica suspensió del desenvolupament de la ràdio digital. Tot i que la població cobertura és del 60%, i està previst arribar al 80%, ara mateix no es pot donar una data fixa per al desenvolupament substancial de la ràdio digital”*.

3.1.1 Tecnologia poc i mal promocionada

Els implicats en la implantació de la ràdio digital senyalen, com una de les raons principals del seu escàs èxit, la falta de recolzament per part de les institucions. El 2004, el *“Fòrum de la Ràdio Digital”* va sol·licitar ajuda governamental, però el 2005 el Ministeri d'Indústria va desestimar la possibilitat de subvencionar la compra de receptors.

A més del poc recolzament amb que s'ha trobat el DAB, les principals causes de l'estancament són:

- Preus dels receptors: molt cars.
- Carència d'espectre digital per a satisfer a tots els candidats a tenir una emissora digital, i com a conseqüència, la falta de campanyes de promoció.
- Que a diferència de la televisió, la ràdio digital no té una data fixada per l'apagada analògica. Això converteix a la ràdio digital en competidora de la ràdio analògica. No està previst fer una apagada analògica de la ràdio, degut a que al no haver espectre digital per a tots, no es pot deixar fora als difusors ràdio actuals que no disposen de freqüència digital.

3.1.2. Problemes de cobertura

A les primeres pàgines d'aquest projecte s'ha esmentat en diverses ocasions, que un dels problemes més grans del DAB han estat els seus problemes de cobertura. Aquests problemes van venir provocats per dos factors:

- La freqüència a la que treballa DAB es troba per sobre els 200 Mhz, cosa que provocava propagacions de cobertura pitjors que les de les freqüències de FM
- P.R.A (Potència Radiada Aparent) màximes, i per tant potències d'emissió, reduïdes respecte les emissions actuals de FM (s'ha de tenir en compte que les recepcions estaven planificades per a **recepció fixa**)

Inevitablement aquests dos factors provoquen reduccions de cobertura. A aquest fet se l'hi ha d'afegir que en la tecnologia digital quan no arriba prou nivell de senyal, l'àudio es perd totalment. En digital no existeix un color gris, o és negre o és blanc, o s'escolta o no s'escolta res. D'altra banda, en FM, quan no arriben els nivells mínim per escoltar la senyal correctament, es pot seguir sentint la senyal tot i que amb interferències. Les cobertures són dolentes sobretot dintre dels edificis.

3.1.3. Actualitat

Actualment emeten, a través d'aquest sistema les principals cadenes (RNE, SER, COPE, Onda Cero, Intereconomia,..) i els operadors als que se'ls va concedir llicència el 2000 (El Mundo, Marca, Grup Godó i Vocento).

Tot i això, les expectatives que havia aixecat el DAB, en el seu moment, s'han vist reduïdes per les raons ja explicades anteriorment. Els operadors han perdut interès en aquesta tecnologia i això provoca que el creixement de la tecnologia sigui cada vegada més complicat. Actualment la ràdio digital a Espanya es troba en un moment de reflexió, en el que es busquen alternatives, i tot i que el DAB segueix sent una tecnologia vàlida, es dibuixa un futur de combinació de tecnologies. En aquest sentit s'està contemplant la convergència de la televisió i la ràdio digital (DVB-H), la possibilitat d'escoltar la ràdio digital a través de mòbils (3G) i d'ordenadors (DAB-IP).

La cobertura actual a Espanya és de una mica més del 50% de la població. La cobertura de Catalunya és del 70% de la població total de la comunitat autònoma.

3.2. Món

Tot i que a Espanya l'èxit de DAB, i per tant de la ràdio digital, no ha estat l'esperat, en altres països del món la ràdio digital esta funcionant i de forma exitosa.

3.2.1 L'èxit del DAB

El DAB va entrar en fase d'implementació en diversos països europeus, a continuació es mostra la situació de desenvolupament a nivell mundial l'any 2005:

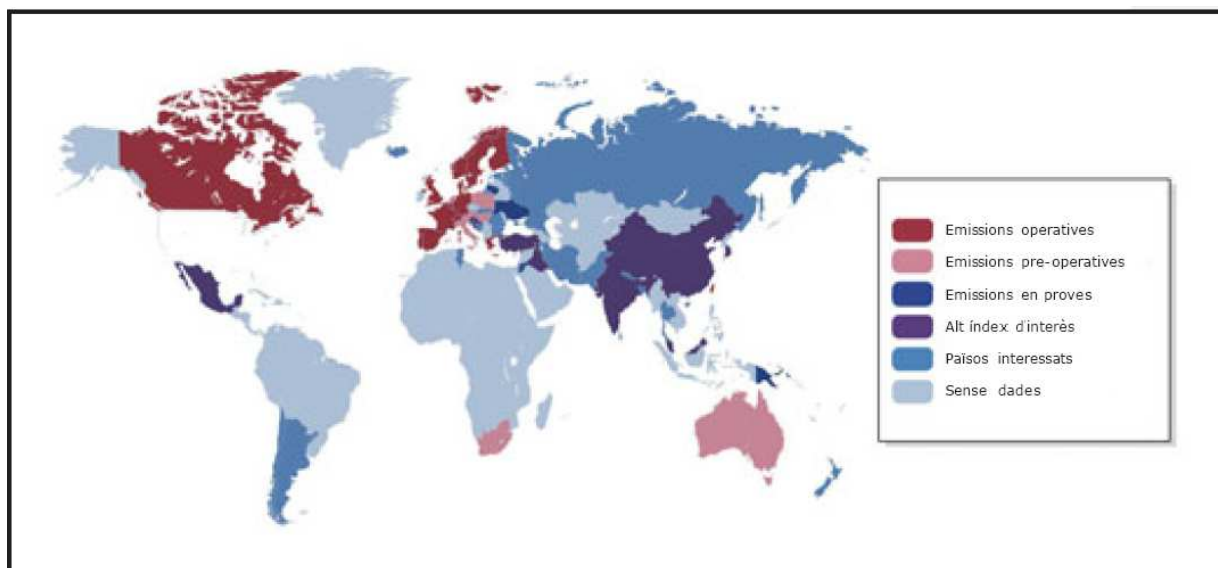


Fig. 3.1. Situació mundial del DAB any 2005 [7]

El Regne Unit és el país on hi ha hagut una major implantació del DAB. Actualment la població coberta es del 85% i s'està implementant una ampliació fins al 90% (Font *World DAB*). L'acceptació per part del públic ha estat molt bona amb ratis d'oients semblants als de la ràdio tradicional. El número d'oients la tardor del 2007 era de 6 milions setmanals de ràdio digital (tenint en compte Internet també) i 5 milions de receptors DAB venuts.

A Corea del Sud s'ha optat per l'ús del *Digital Multimedia Broadcasting* (DMB), el qual permet la difusió d'àudio, vídeo i dades a dispositius mòbils usant com a base de funcionament el DAB (DMB, estàndard afí a DAB). En aquest país asiàtic l'any 2005 es van donar sis llicències per proveir serveis de DMB. Cada un dels 6 proveïdors pot transmetre un total de 6 canals de vídeo, 12 d'àudio i entre 12-18 canals, tots els serveis s'ofereixen, inicialment, de forma gratuïta per aconseguir clients (roll out). L'èxit d'implantació del DMB ha estat espectacular. Amb unes ventes de 4 milions de receptors entre 2005 i la primavera del 2007, s'ha situat com el país on més èxit ha tingut la implantació dels serveis digitals mòbils. S'espera que s'incrementin les ventes de receptors conforme es vagi ampliant la cobertura dels serveis.

El DAB es va revaloritzar a nivell mundial perquè el regulador xinès, SARFT (*State of Administration of Radio, Films and Television*), va anunciar el maig de

2006 que havia escollit aquesta tecnologia com a estàndard industrial. S'han estat realitzant diverses proves de DMB en múltiples ciutats del país. A més, segons la pàgina web del consorci World DAB, el mes de desembre de 2007 França va confirmar l'ús d'aquesta tecnologia per a la radiodifusió digital.

3.2.1. Alternatives digitals

Hi ha un seguit de països que es va decidir prendre altres estàndards per la implantació de la ràdio digital:

3.2.1.1. Japó

Japó va decidir prendre com a estàndard el ISDB-T (*Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting*), una tecnologia que permet difondre ràdio digital i televisió digital, tan en banda estreta com en banda ample. Es preveia començar les emissions entre 2005 i 2007. En alguns països sud-americans com Brasil, Xile y Argentina s'està provant aquest sistema i des del país asiàtic s'estan fent molts esforços perquè així sigui.

3.2.1.2. Estats Units

Als Estats Units, s'ha escollit per a la radiodifusió de l'àudio digital el *In Band On Channel (IBOC)*, també conegut com *HD Audio*. Permet reutilitzar el transmissor instal·lat en les estacions. Altres països estan realitzant emissions en proves: Itàlia i Noruega.

3.2.2. Conclusions

Després d'analitzar en quina situació es troba la ràdio digital a nivell mundial, i havent conegut les tecnologies més esteses, és moment d'analitzar cada una de les tecnologies per tal de discernir quina té una viabilitat real d'instal·lació, funcionament i acceptació.

CAPÍTOL 4. ANÀLISIS DE LES TECNOLOGIES EXISTENTS

Les tecnologies de ràdio digital es poden dividir en tres grans grups:

- Tecnologies que comparteixen banda.
- Tecnologies amb banda dedicada.
- Tecnologies que comparteixen banda amb altres serveis.

4.1 Compartint banda (IBOC)

És un mètode de transmissió en el que es fa la difusió digital i analògica de ràdio simultàniament. Utilitzant portadores digitals addicionals, la informació digital es posa “sobre” les senyals analògiques AM o FM, de manera que no es necessària una reassignació de les freqüències d'emissió.

4.1.1. DRM: Digital Radio Mondiale

Desenvolupat per la organització que pren el mateix nom que la tecnologia, és un sistema de ràdio digital d'estàndard obert, per a OC (Ona curta), OM (ona mitja) i OL (ona llarga), en les freqüències que estan per sota del 30 MHz. Ha estat aprovat per la ITU, i l'estàndard és el ETSI ES 201 980.

4.1.1.1. Característiques

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 HE AAC v2 per subministrar qualitat alta amb taxes de transmissió baixes.
- **Banda de freqüències:** El sistema opera en totes les freqüències de difusió per sota dels 120 MHz:
 - Per sota dels 30 MHz, compartint banda amb AM.
 - Entre 30 i 120 MHz, compartint espectre amb la FM (Banda I, Banda II, OIRT FM i FM Japonesa). Encara no ha estat acceptat per la ITU.
- **Estat d'implantació:** Sistema d'OM (Ona Mitja), amb serveis a tot el món especialment a Europa. Està pendent l'estandardització de les freqüències de 30 a 120 MHz. A Espanya les emissions les va començar RNE el 25 de gener de 2005. A França és va acceptar el novembre de 2007 com a estàndard per a les emissions radiofòniques per a freqüències inferiors a 30 MHz.

- **Altres:** Qualitats semblants a les de FM afegint les facilitats d'ús pròpies dels transmissors digitals (avantatges de COFDM). Millora substancial respecte la qualitat AM. Qualitats semblants a FM mono.

4.1.1.2. *Avantatges i inconvenients*

- **Avantatges:**

- Permet transmetre mitjançant ampliació de la llicència analògica, és a dir a la mateixa freqüència a la que emetia en analògic.
- Propagacions AM molt bones.

- **Inconvenients:**

- Per sota dels 30 MHz, existeixen les limitacions inherents a les freqüències de OM
 - Limitacions P.R.A. nocturnes
 - Dificultat en les cobertures locals
 - Díficil ubicar noves freqüències
- Díficil emissió analògic i digital juntes, ja que és necessari un altre canal per a la emissió digital.

4.1.2. **HD-Radio**

HD-Radio és una forma millorada de transmissió de senyals ràdio de AM i FM, i que comprèn la convivència d'analògiques i digitals. La tecnologia HD-Radio permet a les emissores transmetre una senyal digital d'alta qualitat.

4.1.2.1. *Característiques*

- **Estàndard de codificació:** High Definition Codec (HDC)
- **Banda de freqüències:** Compartint espectre amb FM
- **Estat d'implantació:** En funcionament als Estats Units i en fase de proves a Itàlia i Noruega.

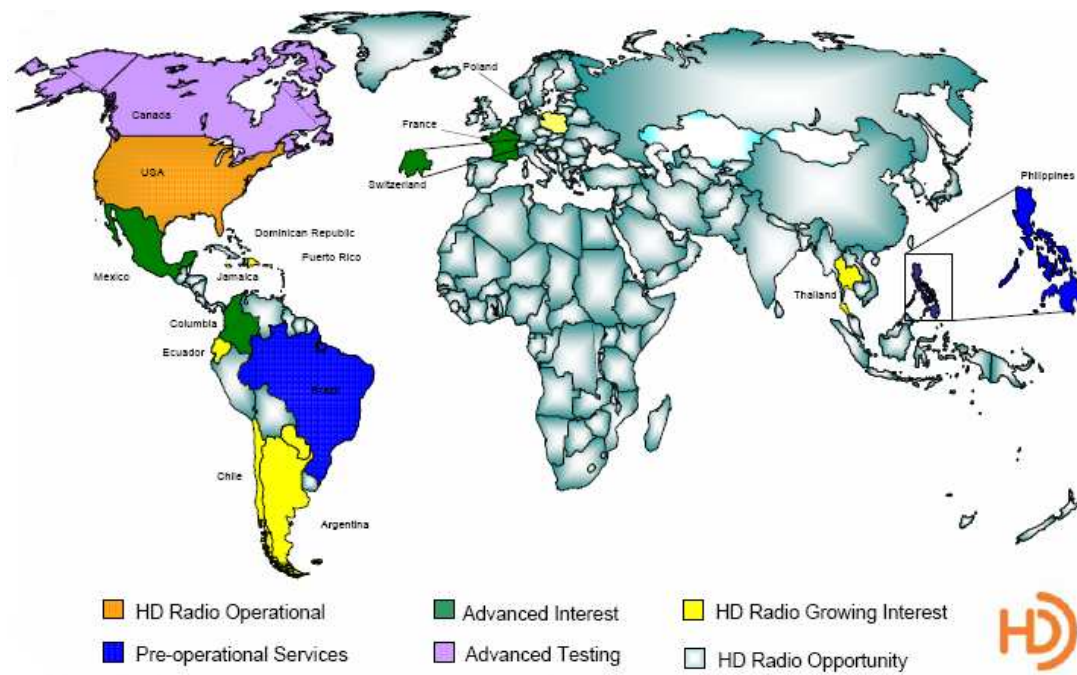


Fig. 4.2. Situació HD-Radio a nivell mundial 2006 [10]

• **Altres:**

- Ràdio FM amb qualitat de so semblant al CD.
- Ràdio AM que sona tan bé com la FM tradicional.
- Eliminem estàtica, interferències o esvaïments de senyal.
- Permet transmetre dades addicionals, com títols de cançons i nom d'artistes.
- Permet marcar una cançó que haguem escoltat, per després descarregar-la des de l'iTunes®.

4.1.2.2. Avantatges i inconvenients

• **Avantatges:**

- Permet transmetre mitjançant ampliació de la llicència analògica, és a dir a la mateixa freqüència a la que emetia en analògic.
- Multidifusió: A més de duplicar la programació analògica amb la transmissió digital, les emissores poden subdividir la porció digital de la seva senyal. D'aquesta manera es poden transmetre dos o més programes simultàniament.

• **Inconvenients:**

- Sistema costos d'implementar, és necessària la instal·lació d'un transmissor i una antena independents dels de FM.
- Pagament de "royalties" a iBiquity per l'ús de la tecnologia.
- Saturació espectral, molt difícil ubicar noves freqüències.

4.1.3. FMeXtra

Tecnologia creada per Digital Radio Express. Al contrari que HD-Radio, **FMeXtra** utilitza l'equipament existent per transmetre les dades digitals en suportadores. No requereix pagar drets d'autor, ja que l'estàndard és obert.

4.1.3.1. Característiques

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 aacPlus
- **Banda de freqüències:** Fins a 120 Mhz, comparteix banda amb FM.
- **Estat d'implantació:** A més dels EEUU, estan realitzant proves d'emissió a Brasil, França, Indonèsia, Nova Zelanda, Filipines, Puerto Rico i Tailàndia.
- **Altres:**
 - Compatible amb emissions HD-Radio, però es necessiten receptors diferents.
 - Molt bon comportament per a transmissor d'alta potència, mal comportament per a transmissors de FM de baixa potència si l'àrea coberta no té bons nivells d'estèreo. La cobertura és semblant a la de FM Estèreo, i en nuclis urbans es necessiten nivells de recepció més alts.
 - Possibilitat de codificació.

4.1.3.2. Avantatges i inconvenients

- **Avantatges:**
 - Permet transmetre mitjançant ampliació de la llicència analògica, és a dir a la mateixa freqüència a la que emetia en analògic.
 - Utilitza el mateix transmissor que per la FM.
- **Inconvenients:**
 - Requereix ampliar l'ample de banda de l'emissió o reduir la desviació de la modulació.
 - El mercat de receptors no està desenvolupat, tot i que s'està intentant canviar aquest fet, implementant receptors digitals en cotxes mitjançant acords amb les diferents companyies automobilístiques.
 - *Sistema desenvolupat a EEUU que no dona garanties de que s'utilitzi a Europa.*
 - Semblant a la de FM Estèreo, i en nuclis urbans es necessiten nivells de recepció més alts.

4.2. Banda Dedicada

Els sistemes que formen aquest grup tenen una reserva de freqüències per a les seves emissions.

4.2.1. DAB +

DAB+ és la millora de l'estàndard de codificació del sistema DAB.

4.2.1.1. Característiques

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 aacPlus
- **Banda de freqüències:** Mateixes bandes que DAB, banda III i L,
- **Estat d'implantació:** Estàndard aprovat el desembre de 2006, en procés de revisió per part dels països que tenen implantat DAB.

4.2.1.2. Avantatges i inconvenients

- **Avantatges:**
 - Xarxes de Freqüència única.
 - Elevada eficiència espectral gràcies al incorporar l'estàndard de codificació MPEG 4.
 - Major quantitat de difusors en un "múltiplex".
 - Menor cost de transmissió en les estacions.
 - Millora de recepció de 3 dB respecte DAB, amb el qual es poden millorar les cobertures.
- **Inconvenients:**
 - Elevat cost de les emissions per garantir la mateixa cobertura que FM.
 - Encara no hi ha receptors disponibles a un preu acceptable.

4.2.2. DAB-Satellite

4.2.2.1. *Característiques*

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 aacPlus
- **Banda de freqüències:** Banda S, sobre els 2.3 Ghz.
- **Estat d'implantació:** En funcionament projectes desenvolupats per empreses privades. Venen subscripcions a partir de 9 euros al mes.
 - *Sirius i XM Radio (EEUU i Canadà respectivament). Pendants d'una fusió.*
 - WorldSpace, present a Àsia, està planificant una expansió a Europa.

4.2.2.2. *Avantatges i inconvenients*

- **Avantatges:**
 - Cobertures en zones rurals de forma immediata
 - Gran oferta en número de canals
- **Inconvenients:**
 - Requereix transmissors addicionals terrestres per a cobrir zones urbanes
 - No permet programacions locals

4.3. **Banda Compartida amb altres serveis digitals**

4.3.1. **DAB-IP**

Revisió de l'estàndard DAB, per tal de ser usat per a la transmissió de televisió mòbil via IP. Té competidors naturals com DVB-H o DMB, però al Regne Unit serà un estàndard a tenir en compte, ja que les freqüències de DVB-H estan ocupades.

4.3.1.1. *Característiques*

- **Estàndard de codificació:** Windows Media Audio 9 (WMA9)
- **Banda de freqüències:** Banda III i L
- **Estat d'implantació:** En proves al Regne Unit

4.3.1.2. *Avantatges i inconvenients*

- **Avantatges:**

- Permet transmetre vídeo i imatges

- **Inconvenients:**

- Elevat cost de les emissions per a garantir la mateixa cobertura que en FM
- L'estàndard no ha estat adoptat a nivell internacional
- L'única diferència entre DMB i DAB-IP és el tipus de codificació: Windows Media.

4.3.2. **DMB**

Aquesta tecnologia està basada en l'estàndard DAB, el qual va ser dissenyat per a donar serveis a dispositius mòbils. Això implica que el sistema de transmissió de DAB es pot utilitzar per a les emissions de DMB afegint, tan sols, un codificador de vídeo DMB al sistema actual.

4.3.2.1. *Característiques*

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 aacPlus
- **Banda de freqüències:** Banda III i L.
- **Estat d'implantació:** En funcionament a Corea del Sud, i està prevista la implantació en diversos països entre els quals destaquen Alemanya i França (que acaba d'acceptar la tecnologia per a la difusió de l ràdio digital).

4.3.2.2. *Avantatges i inconvenients*

- **Avantatges:**

- Permet transmetre vídeo i imatges

- **Inconvenients:**

- Elevat cost de les emissions per a garantir la mateixa cobertura que en FM
- DMB és un estàndard dissenyat i optimitzat per a televisió mòbil, i no es recomana l'ús per a serveis ràdio. La primera raó es perquè DMB no ofereix algunes de les característiques que s'esperen dels serveis ràdio. En segon lloc ens trobem que DMB conté més informació en les capçaleres de la necessària per a la emissió ràdio i per tant no es fa un ús eficient de l'espectre.

4.3.3. DVB-H

4.3.3.1. Característiques

- **Estàndard de codificació:** MPEG 4 aac.
- **Banda de freqüències:** Banda UHF.
- **Estat d'implantació:** Serveis en funcionament en diversos països del món. A Espanya està pendent el concurs de llicències DVB-H i s'espera la resolució de l'avantprojecte de llei.

4.3.3.2. Avantatges i inconvenients

- **Avantatges:**
 - Permet recepció amb mobilitat.
- **Inconvenients:**
 - Tecnologia que no està implantada a Espanya.
 - El DVB-H és un estàndard dissenyat i optimitzat per a televisió mòbil, però no es recomana l'ús per a serveis ràdio. Succeeix el mateix que amb el DVB-H, les capçaleres transporten informació i ocupen espai que fa que l'eficiència en cas d'emissions ràdio sigui molt baixa.
 - Problemes assignació freqüències per part del ministeri

4.3.4. Altres

- **DVB-T, Televisió digital terrestre.** Es podria escoltar a través del televisor amb les pròpies antenes "Yagi" domèstiques actuals. El servei passarà a través de les freqüències i el sistema DVB-T.
- **Internet Radio.** No consumeix espectre RF, implantat mundialment i es pot rebre des de qualsevol PC.
- **Ràdio per el mòbil.** Ús de les bandes de telefonia 3G i per tant accés mundial, però el cost dels serveis de radiodifusió per a la telefonia mòbil és molt elevat.

CAPÍTOL 5. VIABILITAT D'IMPLANTACIÓ DE LES TECNOLOGIES ESTUDIADES

Partint de que la convergència cap a la tecnologia digital és una realitat, i una vegada analitzades les diferents tecnologies digitals que actualment s'estan aplicant a nivell mundial, s'ha de prendre una decisió sobre quina pot ser la millor opció per aconseguir la migració de la ràdio analògica a la digital.

La decisió per a la transició d'una tecnologia a una altra mai és senzilla. Al llarg de la història moderna hi ha hagut diferents dilemes de migració cap a una tecnologia que ofereix millors prestacions, en els quals hi havia diferents candidats per prendre el relleu. Normalment, però, s'ha acabat imposant una sola solució, que s'ha endut tot l'èxit. Les causes que provoquen que una tecnologia triomfi per sobre de les altres poden ser molt diverses: acceptació per part del públic o les companyies, facilitat d'ús, o simplement sort. Trobem alguns exemples en l'èxit de *Google* com a buscador enlloc d'*Altavista* o *Yahoo*, i actualment trobem un exemple en la migració des del format DVD a un format de compressió superior, en el que trobem a DVD-HD i Blu-ray lluitant per guanyar aquesta guerra milionària.

A priori, ens adonem que una planificació de totes les tecnologies no és necessària, ja que degut a l'escenari actual hi ha unes tecnologies que tenen més possibilitats i facilitats, d'implantació.

La viabilitat d'implantació del DAB +, es presenta com una mala solució a la situació actual, ja que seria donar continuïtat a un projecte que no ha estat capaç de tirar endavant. Les millores que ofereix DAB + respecte DAB són el número de programes que permet introduir en un múltiplex, actualment el problema amb el que es troba aquesta tecnologia a Espanya no és degut a que altres operadors vulguin difondre els seus continguts en aquest format, sinó que no hi ha oients a qui difondre.

D'altra banda, el DMB o el HD-Radio degut a les seves característiques necessiten una inversió molt gran en nou equipament, això provoca que la seva implantació sigui molt més complexa i menys atractiva.

Com s'ha vist des en el resum de l'evolució de la ràdio, les constants evolucions que han anat millorant les emissions ràdio han estat compatibles amb les tecnologies anteriors (per tant també s'han reutilitzat els receptors). DRM, que forma part del mateix grup de tecnologies que poden compartir banda, permet seguir amb les emissions de AM i FM actuals i afegir la senyal digital. Més endavant es veurà que aquesta afirmació té un matís, ja que, és necessari ocupar un altre canal per poder mantenir les qualitats d'emissió (com si fos *simulcast*). De totes maneres degut a les característiques de la banda d'emissió i al ser un estàndard obert s'estudiarà la tecnologia DRM.

Es considera viable, també, la tecnologia FMeXtra que ens permet mantenir la ràdio analògica convivint amb la ràdio digital. Aquesta solució és la que sembla tenir més possibilitats d'èxit en la transició definitiva cap a la tecnologia digital, que es podria produir en uns anys. FMeXtra té a més l'avantatge de que la seva instal·lació és molt senzilla i segueix utilitzant el mateix transmissor que les FM analògiques.

S'escullen, doncs, per a les planificacions i com a tecnologies viables d'implantació el DRM i la FMeXtra. En el **Capítol 6** es fa un estudi de les necessitats a nivell tècnic de les dues tecnologies.

CAPÍTOL 6. ESTUDI TECNOLÒGIC

6.1. DRM (Digital Radio Mondiale)

Des de fa uns anys la situació de la ràdio AM és força complicada, ja que degut a l'aparició d'altres sistemes de difusió que proporcionen millor qualitat de so com la FM, DAB, Internet i Satèl·lit, la pèrdua d'oients d'aquest sistema ha estat constant. El sistema DRM es presenta com una alternativa per a substituir les emissions analògiques actuals en aquesta banda, ja que és l'únic sistema no propietari de ràdio digital per a la radiodifusió d'àudio en la bandes per sota de 30 MHz.

Des de l'organització DRM, es posa molt d'èmfasi en l'ús d'aquestes bandes perquè tenen uns avantatges d'emissió que són molt interessants per als difusors degut a la bona propagació de les freqüències baixes. Respecte la AM analògica, DRM ofereix:

- Increment de la qualitat de l'àudio (qualitat FM mono) i la fiabilitat del sistema emissor
- Recepció senzilla
- Permet reutilitzar part de la infraestructura de transmissió existent
- S'ajusta al canal utilitzat per a la AM
- Permet integrar serveis de dades
- Possibilita la implementació de xarxes de freqüència única (SFN)
- Més d'un programa en una emissió

El consorci de DRM va engegar un procés d'estandardització per a la seva tecnologia:

- La recomanació ITU-R BS. 1514 l'any 2002 permet la radiodifusió de DRM utilitzant les actuals bandes AM
- Estàndard ETSI (ES 201 980) l'any 2003.
- Estàndard Internacional IEC (62272-1) l'any 2003
- Actualment es treballa en la estandardització del sistema DRM sobre bandes de FM

6.1.1. Codificació de font

Per tal de proporcionar una taxa de transmissió variable de entre 8 i 36 kbps, el consorci DRM ha posat en funcionament un codificador d'àudio específic, que dona qualitats bones inclús amb taxes de transmissió baixes. Es poden utilitzar tres modes de codificació d'àudio en funció de la necessitat del difusor ràdio:

- MPEG-4 AAC: destinat a veu i música, dona sempre la qualitat més alta.

- MPEG-4 CELP: proporciona molt bona qualitat per a veu a taxes mitjanes.
- MPEG-4 HVXC amb taxes de transmissió molt baixes es pot difondre un programa de veu

El sistema de transmissió DRM utilitza un múltiplex per a transportar la senyal de des de l'estudi fins les estacions, això permet que es pugui generar diferent tipus de contingut: àudio, dades, imatges,...amb diferents codificacions, durant la mateixa transmissió. El mode més comú és el AAC+SBR. Per informació més detallada consular l'apartat **2.1.** dels **Annexos**.

6.1.2. Codificació de canal

El DRM utilitza una modulació de portadores múltiples del tipus COFDM. Aquesta tècnica de modulació ha estat provada amb altres sistemes com són el DAB o el DVB-T (TDT). L'ample de banda RF utilitzat per un canal DRM pot variar entre 4,5/5/9 i 10 kHz. Pot inclús anar fins als 20 kHz per oferir una difusió estèreo d'alta qualitat. Les taxes de difusió del DRM varien en funció de la protecció de dades i de la robustesa, poden variar entre 8 i 36 kbps. També permet considerar la posada en funcionament d'una xarxa SFN. Per informació més detallada consular l'apartat **2.1.** dels **Annexos**.

6.1.3. Paràmetres de planificació OM

En analògic el paràmetre per determinar la mínima intensitat de camp utilitzable és la relació Senyal/Soroll de 26 dB per una modulació de 30%. En DRM la relació Senyal/Soroll es determina amb la $BER = 1 \cdot 10^{-4}$. En Ona Mitja la intensitat de camp en analògic ha de ser de 60 dBμV/m.

A partir de la **Taula 2.4.** de l'**Annex 2**, es pot dir que els 46,5 dBμV/m serà el valor mínim de intensitat de camp utilitzable per a una emissió DRM en Ona Mitja, en un canal de 9 kHz per obtenir una $BER = 1 \cdot 10^{-4}$. Però en realitat s'han de tenir en compte altres factors del món real: soroll industrial, sensibilitat del receptor (**48 dBμV/m** en la norma DRM),... Les dificultats doncs apareixeran en les grans ciutats i en els receptors dels automòbils, les antenes dels quals tenen una longitud efectiva molt curta per a Ona Mitja. De totes maneres, per a realitzar les simulacions els valors de recepció mínims que es prendran seran els **48 dBμV/m** que és la sensibilitat dels receptors DRM.

6.1.4. Paràmetres de planificació FM

En les bandes de FM, DRM planteja la possibilitat de que una emissió funcioni de forma totalment digital o convivint amb una emissió analògica (híbrid),

aquesta tecnologia s'anomena DRM+. El mode totalment digital s'ha considerat amb dos utilitzacions de l'ample de banda diferents: una de 50 kHz i una de 100 kHz, la capacitat del múltiplex dependrà de la codificació utilitzada. Utilitzant una 16-QAM i una capacitat de 50 Hz permet l'emissió d'un canal FM d'alta qualitat. Si es posen 100 Hz de capacitat per a la emissió i modulació de 16-QAM es podrà emetre un canal d'àudio estèreo amb qualitat CD i també un canal mono utilitzant AAC.

Per al mode híbrid, es consideren amplituds de banda de entre 200 i 300 kHz (plantejament inicial), el que implicaria eliminar alguns dels difusors analògics actuals de la banda de FM. El mode híbrid que es planteja des de DRM tindria uns 200 kHz per a la senyal analògica i 50 o 100 kHz per a la digital.

S'ha de tenir en compte que les emissions de DRM en les bandes de FM encara no han estat acceptades com a estàndard europeu. Aquest fet provoca que encara no hi hagi uns criteris establerts per a planificar el DRM sobre aquesta banda.

Ja que la ITU no ha tret una norma que regularitzi les emissions sobre la banda de FM, aquesta planificació no es realitzarà, tot i que s'ha de tenir en compte que, en un futur proper, existirà aquesta opció.

6.2. FMeXtra

Digitalitzant part de la senyal de FM, coneguda com a subportadores o SCA (Subsidiari Carrier Authorization), la FMeXtra, permet a tots els difusors de FM treure un major rendiment de les seves emissions. Per a les emissores FM analògiques, aquesta tecnologia els permet realitzar un canvi immediat i extremadament econòmic cap a la difusió digital, a més de ser compatible amb els programes analògics actuals.

Es pot utilitzar per a la difusió de **discrete 5.1 surround sound** (equivalent a la qualitat del format Dolby Digital™ 5.1, i que és, bàsicament, so d'alta qualitat), també per a difondre múltiples trames independents d'àudio per oferir programació multicanal (MCP): informació del tràfic, notícies, informació en altres idiomes, videoclips en temps real, etc.

6.2.1. Codificació de font

La senyal que s'introdueixen en el codificador de la FMeXtra (XENCODER, en l'**apartat 2.2** de l'**Annex** es pot trobar informació més extensa), pot ser tractada amb dos estàndards diferents:

- MPEG4-AACplus v2 per transmissions d'àudio d'alta qualitat
- AMR-WB per a transmissions de veu que requereixin velocitats de transmissió més baixes

La senyal procedent de FMeXtra s'introdueix directament a l'entrada del transmissor mitjançant l'entrada SCA d'aquest, si la senyal que arriba a l'estació és MPX (procedent d'estudi mitjançant radioenllaç) s'haurà de convertir a una senyal estèreo o mono i després introduir-la en el codificador XENCODER.

6.2.2. Codificació de canal

La senyal FMeXtra esta composta de múltiples senyals digitals més petites que es combinen per formar la senyal principal. La combinació de les senyals conté:

- Senyal de referència
- Portadores que transporten informació de la configuració i de la sincronització de les trames
- Portadores amb informació de l'emissió

Les portadores de dades són totes ortogonals entre elles, de manera que no interfereixen les unes sobre les altres. La senyal FMeXtra és un exemple de modulació de multi portadora (MCM). També es defineixen aquest tipus de senyals com OFDM (WiFi, DVB-T, DAB,...). El número de portadores de la senyal depèn del mode de transmissió i el interval de guarda és de 100 microsegons. Per a més informació consultar l'**Annex 2**.

6.3. Taula Resum

Taula 6.1. Taula resum tecnologies de ràdio digital

		DRM	FMeXtra
Freqüències de treball		500 - 3000 kHz	88 - 108 MHz
Codificació de Font Sistema	Àudio	MPEG-4 AAC	MPEG-4 AAC v2
	Veü	CELP i HXVC	AMR-WB+
Freqüència de mostreig		Variable	AAC: Típica 32 kHz. AMR: 16 kHz
Amplada Banda Típica		9 - 10 kHz	37 kHz*
Taxa de transmissió màxima		36 kbps	40/48 kbps
Modes Transmissió		A,B,C,D	A,B,C
Modulacions		16-QAM o 64-QAM	QPSK, 8-PSK, 16-QAM o 32-QAM
Codificació		OFDM	OFDM
Protecció		FEC: Codificació Convolucional	FEC: Codificació Convolucional
Amplades de Banda Possibles		4, 5, 9, 10, 18,20 kHz	37 kHz* - 78 kHz*

CAPÍTOL 7. PLANIFICACIÓ DE COBERTURA

L'objectiu del projecte és, a més d'analitzar i estudiar diferents tecnologies de difusió digital existents actualment, comprovar la viabilitat d'implantació i la quantitat de recursos, tan econòmics com humans, que seran necessaris per a dur a terme una implantació real.

Dos dels factors que provoquen la migració cap a una tecnologia de difusió nova són:

- Millora en la qualitat de l'emissió
- Increment de la cobertura

La tecnologia digital ens aporta una millora substancial de la qualitat de l'àudio, per tan queda comprovar si les noves tecnologies en estudi aportaran un increment de cobertura respecte les emissions de FM actuals. Per a realitzar aquesta comprovació s'escull una de les xarxes de FM gestionades per Abertis Telecom: **RNE5** (*Radio Nacional Espanya Noticias*). S'escull aquesta xarxa perquè és una emissió de caràcter estatal, per tant representativa, i perquè té emissions de FM (proves FMeXtra) i AM (DRM).

Degut a que l'extensió del projecte de la RNE5 a tota Espanya necessitaria un temps de realització molt extens, es proposa prendre dos comunitats autònomes amb característiques de distribució poblacional molt diferenciades, com a referències representatives per a la planificació d'una xarxa amb les tecnologies FMeXtra i DRM: Catalunya i Galícia. Per al DRM +, al no ser un estàndard aprovat i no tenir uns nivells de sensibilitat especificats, es decideix no fer la planificació de cobertura.

A Catalunya la població es troba concentrada en els nuclis urbans, sobretot a les capitals de província, per tan, assolir la cobertura desitjada es podrà realitzar amb menys centres i per tan de forma menys costosa. D'altra banda, a Galícia la població es troba molt dispersa i per tant la cobertura existent serà, en principi, més baixa.

7.1. Nivells de recepció

Taula 7.1. Nivells de camp mínims en el receptor per a poder considerar que és zona de cobertura

	AM	DRM	FM	FMeXtra
Nivells recepció (dBµV/m)	60	48	54	42

7.2. Simulacions

Per tal de planificar els sistemes de difusió d'AM i FM, i d'obtenir les simulacions de cobertura, s'ha partit de les següents fonts d'informació:

- Base de dades d'Abertis Telecom d'Emplaçaments, Transmissors i Sistemes Radiants de la banda de FM on hi ha informació de les emissions en servei actualment a Catalunya i Galícia incloent les de FM pública (autonòmica i estatal), privada (estatal) i local (privada i municipal) així com emissions detectades en mesures de camp.
- Informació de les emissions en funcionament segons Radio Nacional d'Espanya a Catalunya i Galícia
- Dades de les emissions de RNE5 a Catalunya i Galícia procedents de la pàgina oficial de la Secretaria d'Estat de les Telecomunicacions i de la Societat de la Informació (SETSI)
- Informació demogràfica de Catalunya i Galícia amb informació sobre tots els nuclis habitats amb el número d'habitants. Es farà ús de la informació més actualitzada.
- Model digital del terreny de resolució de 50 metres
- Mapes de fons de Catalunya i Galícia
- Anàlisi de les lleis, recomanacions de la ITU-R, reglaments i plans tècnics referents a la FM.

Una simulació de cobertura es divideix en dues simulacions, la simulació del Sistema Radiant i la simulació de la cobertura. Les simulacions de Sistemes Radiants es realitzen amb l'eina de simulació *SRWin* i les simulacions de cobertura amb l'eina *ICS Telecom* (Versió 8.8.6). En l'**Annex 3**, es descriuen les principals funcionalitats d'ambdós programes.

7.2.1. Funcionalitats i paràmetres ICS Telecom

- Conté tota la informació de l'emplaçament i el transmissor: Ubicació (diferents tipus de coordenades UTM, DMS o DEC), Alçada sobre el terreny, Potència del transmissor, Guany del sistema radiant, Pèrdues, Freqüència d'emissió, Modulació i tipus de senyal
- Vinculació amb bases de dades MS Accés o arxius de text
- Funcionalitats d'administració cartogràfica: visualització en 2D i 3D
- Simulacions: Visibilitats, Cobertures individuals, Cobertures conjuntes, Millors estacions de xarxa (Best Server), Càlculs d'interferències, Càlculs de població coberta (poblacions), Perfils,...
- Altres: Correlació de mesures de camp

Amb aquesta eina és possible realitzar un gran nombre de simulacions radioelèctriques per a àmbits molt diversos. En aquest apartat tan sols s'han presentat algunes de les opcions més enfocades a la validació dels emplaçaments previstos així com les condicions d'emissió.

7.2.2. Models de propagació ICS

El programa de simulació de cobertures permet l'ús de diferents models de propagació. Es considera molt important l'elecció d'aquest model ja que determinarà la població coberta. Es fa diferència entre les dues famílies de models:

- Determinista: destaca el ITU R.525/526 per FM i el ITU-R 368-7 per AM
- Estadístic o empíric: destaca el model ITU R.370 evolucionat al ITU R. 1546 per FM

Per a la planificació dels serveis de difusió de FM, es recomana realitzar les simulacions segons el model de propagació ITU R.525/526 donat que es disposa del model digital d'alta qualitat editat per el Institut Cartogràfic de Catalunya amb una capa d'usos del sòl detallada. Per no canviar de criteri s'aplicarà el mateix model per Galícia.

Per a la propagació de AM s'utilitzarà el model de propagació ITU-R 368-7 juntament amb una capa de conductivitat/permitivitat per a simular els fenòmens que succeeixen en la propagació AM.

7.2.3. Paràmetres de Simulació de ICS

Per realitzar les cobertures, s'han utilitzat com a capa visual mapes de Catalunya i Galícia a escala 1:50000 i un model digital del terreny de 50 metres.

Els paràmetres de simulació per a **FM** són els següents:

- El model de propagació ITU-R 525/526
- El model de geometria de difracció ITU-R 526 deygout
- El model d'atenuació per reflexions ITU-R 526

Les simulacions de cobertura resultants se superposen sobre la cartografia representant els llindars dels nivells de recepció. Aquests es presenten segons tres criteris diferenciats: entorn rural, entorn urbà o grans ciutats.

Els nivells de camp llindar de cobertura de una senyal FM s'han obtingut de la recomanació de la ITU-R 412-9, que directament determina que per interferències causades per aparells domèstics o industrials, per obtenir un servei satisfactori, el valor mitjà de la intensitat de camp (mesurada a 10 m per sobre del terra) no ha de ser inferior als llindars de nivell de camp, per al servei estereofònic, depenent de les característiques demogràfiques de la zona (rural, urbà o grans ciutats). Aquest valor de nivell extra necessari en per a recepció s'aplicarà també en les tecnologies FMeXtra.

Taula 7.2. Nivells de camp mínim en FM per a les diferents zones i cada tecnologia

Entorn	FM (dB μ V/m)	FMeXtra (dB μ V/m)
Rural	54	42
Urbà	66	54
Grans Ciutats	74	62

Els paràmetres de simulació per a la **AM** són els següents:

- El model de propagació ITU-R 368-7
- El model de geometria de difracció és sense pèrdues
- El model no aplica atenuació per reflexions, el que es fa és definir un model de conductivitat per a realitzar les simulacions de cobertura. Com no hi ha cap model definit a priori, en el projecte ha estat necessari crear els models de conductivitat de Catalunya i Galícia. El procés consisteix en prendre la cartografia (.geo) i utilitzar-la per a calcular les conductivitats a cada zona definides per la ITU, en l'**Annex 5** es poden veure les referències per a definir els models. Un cop realitzat tot el procés s'obtenen dos models de “clutter” com els que es mostren a la **Figura 7.1**. Cada zona té un valor de conductivitat relacionat, com més alt sigui menys atenuació i com més proper a zero més atenuació.

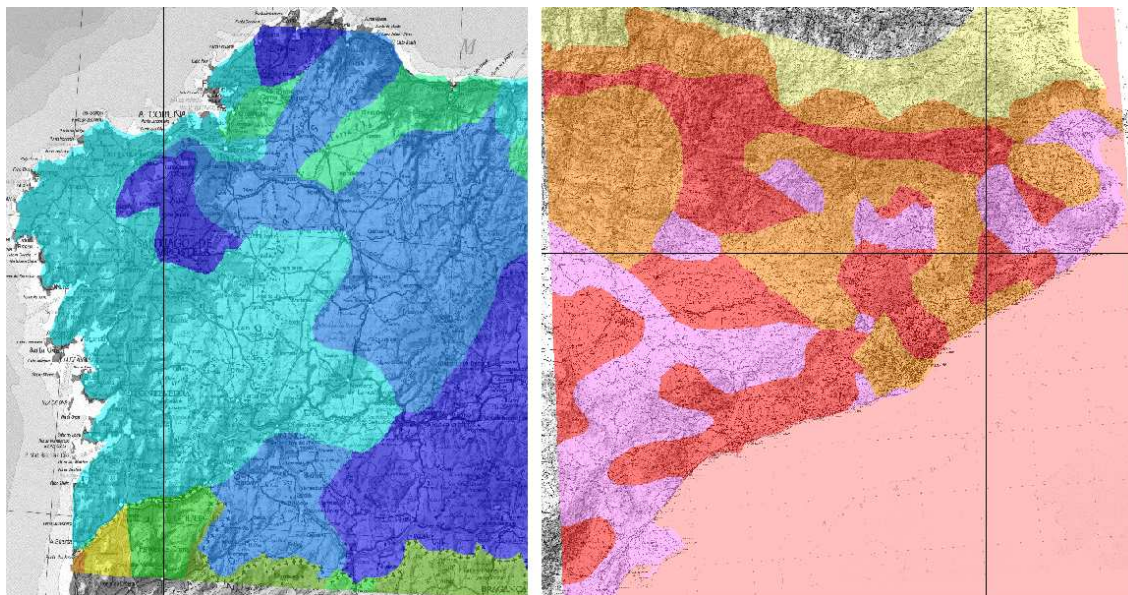


Fig. 7.1. “Clutters” generats a partir de la recomanació ITU-R 832-2.

Les simulacions de cobertura resultants se superposen sobre la cartografia representant els límits dels nivells de recepció. Aquests es presenten segons tres criteris diferenciats: entorn rural, entorn urbà o grans ciutats.

Taula 7.3. Nivells de senyal mínim en AM per a les diferents zones i cada tecnologia, per AM valors de nivells més crítics i per DRM aproximació a partir de la sensibilitat

Entorn	AM (dB μ V/m)	DRM (dB μ V/m)
Rural	60	48
Urbà	72	60
Grans Ciutats	80	68

Els nivells de camp llindar de cobertura s'han obtingut de la recomanació de la a partir de recomanacions dels fabricants de receptors, que recomanen una protecció de **10-12 dB** per a les males qualitats dels receptors i per superar obstacles grans. També és dona un marge de **8 dB** per a les zones urbanes on hi ha molt soroll industrial.

Una vegada analitzada l'eina de simulació, s'analitza quines són les estacions que formen cada xarxa i es veurà quina és la configuració de les estacions per a FM i per a AM.

CAPÍTOL 8. CARACTERISTIQUES ESTACIONS DE LA XARXA

A continuació es presenten les característiques principals de les estacions de RNE5 a Catalunya i Galícia tan de AM com de FM.

8.1. Catalunya

8.1.1. Estacions FM

Taula 8.1. Característiques de les emissions FM de RNE5 a la comunitat Autònoma de Catalunya extretes de la pàgina web de la SETSI

Estació	Província	Freqüència (MHz)	Longitud UTM	Latitud UTM	Cota (m)	Alçada Efectiva Màxima (m)	P.R.A màxima (W)	Polarització	Directivitat
ALPICAT	Lleida	106,6	000E3142	41N4013	300	154	80,000	M	D
COLLSEROLA	Barcelona	99,0	002E0657	41N2508	392	610	20,000	M	N
MONTSERRAT	Barcelona	98,8	001E4901	41N3620	1021	998	4,000	M	D
MORA NOVA	Tarragona	102,8	000E4032	41N0621	130	57	0,050	V	N
MUSARA	Tarragona	94,0	001E0330	41N1500	1003	769	40,000	M	D
PERELLO	Tarragona	106,7	000E4337	40N5227	257	264	0,050	V	N
ROCACORBA	Girona	94,0	002E4115	42N0419	968	837	10,000	M	D
SORIGUERA	Lleida	97,2	001E2630	42N2754	2336	1153	20,000	M	D
TORRE ESPANYOL	Tarragona	99,9	000E3622	41N1201	200	119	0,100	V	N
VANDELLOS	Tarragona	91,8	000E4949	41N0034	651	606	0,100	V	N

8.1.2. Estacions AM

Taula 8.2. Característiques de les emissions AM de RNE5 a la comunitat Autònoma de Catalunya extretes de la pàgina web de la SETSI

Estació	Província	Freqüència (kHz)	Longitud UTM	Latitud UTM	Potència Emissió
ALCOLETGE	Lleida	1.152	000E4706	41N3554	10 kW
CAMPLONG	Girona	1.413	002E4925	41N5422	5 kW
PALAU DE PLEGAMANS	Barcelona	576	002E1126	41N3336	100 kW
REUS	Tarragona	1.314	000E4706	41N3554	20 kW

8.2. Galícia

8.2.1. Estacions FM

Taula 8.3. Característiques de les emissions FM de RNE5 a la comunitat Autònoma de Galícia extretes de la pàgina web de la SETSI

Estació	Província	Freqüència (MHz)	Longitud UTM	Latitud UTM	Cota (m)	Alçada Efectiva Màxima (M)	P.R.A màxima (W)	Polarització	Directivitat
BARCO VALDEORRAS	Ourense	104,6	007W0259	42N2243	1255	942	1,000	M	N
CASTROVE	Pontevedra	104,3	008W4230	42N2805	509	489	10,000	M	N
MONFORTE LEMOS	Lugo	88,8	007W3200	42N3000	300	104	2,000	H	N
MEDA	Ourense	106,8	007W3632	42N2105	1298	898	50,000	H	D
MONTE XALO	Corunya	95,8	008W2415	43N1400	513	481	60,000	M	N
OURENSE	Ourense	95,1	007W5300	42N2200	302	200	4,000	H	N
PARAMO	Lugo	92,8	007W2952	42N4831	862	513	70,000	H	D
SANTIAGO	Corunya	93,7	008W3350	42N5355	405	378	20,000	H	N
VERIN	Ourense	94,1	007W2100	42N0200	1160	785	5,000	H	N
VIGO	Pontevedra	96	008W4332	42N1357	123	235	500	V	N
XISTRAL	Lugo	106,6	007W3500	43N2800	891	800	20,000	H	N

8.2.2. Estacions AM

Taula 8.4. Característiques de les emissions FM de RNE5 a la comunitat Autònoma de Galícia extretes de la pàgina web de la SETSI

Estació	Província	Freqüència (kHz)	Longitud UTM	Latitud UTM	Potencia Emissió (W)
ARREIRAS-FONTO	Lugo	1.098	007W2313	42N4613	20,000
MONTE PASTERIZA	Corunya	558	008W2815	43N2023	20,000
PIÑEIRA	Lugo	1.503	007W1338	42N2604	2,000
PEREIRO	Ourense	1.305	007W4724	42N2044	25,000

El concepte **d'Alçada Efectiva** permet estimar la cobertura del sistema de difusió: l'alçada efectiva pretén portar a condicions normalitzades l'altura real de l'antena. El càlcul de l'alçada efectiva permet tenir en compte les alçades més importants de la zona en estudi, transformant una situació de terreny accidentat a una situació equivalent en terreny pla.

La **Potència Aparent Radiada Màxima** ens indica quina és la màxima potència que pot radiar una emissió. Es calcula tenint en compte la potència nominal de l'equip transmissor, les pèrdues existents en la cadena de transmissió, que es típicament 1,5 dB, i el guany del sistema radiant, que variarà en funció del tipus d'antena i la disposició d'aquestes.

El camp **Polarització** indica si la emissió es produeix en Horitzontal (H), Vertical (V) o Mixta (M). Les emissions es produeixen en vertical en la majoria d'estació de FM. I tot i que en la pàgina de la SETSI posi que les emissions de RNE5 a Galícia es produeixen en Horitzontal actualment es produeixen en Vertical. De totes maneres aquest paràmetre no variarà les cobertures finals.

El camp **Directivitat** indica quines emissions es produeixen amb un sistema radiant directiu i en quines és produeix de forma omnidireccional. En les emissions de FM el més comú es realitzar les emissions de forma omnidireccional i només en alguns casos en que: es necessari arribar a cobrir una zona molt concreta, no es volen produir interferències sobre altres serveis o així ho indica la SETSI es realitza de forma directiva.

8.3. Característiques de radiació

8.3.1. Estacions FM

De cara a dissenyar un sistema de radiodifusió sonora FM segons l'estàndard corresponent (UIT-R BS.450) existeixen una sèrie de paràmetres que defineixen el sistema. Entre els paràmetres més característics destaquen els següents (s'inclou l'opció emprada per **Abertis Telecom**, a Espanya -es va firmar l'acord de Ginebra de 1984):

- Sistema de modulació: estereofònica amb sistema de freqüència pilot, d'acord amb el que es disposa a l'Article 4 i apèndix 6 del reglament de Radiocomunicacions (Ginebra 1979) serà per a la transmissió estereofònica de 256KF8EHF.
- Banda de freqüència: 87,5 a 108 MHz (ones mètriques en banda II o VHF)
- Separació de canals: 100 kHz
- Preaccentuació / desaccentuació: 50 µs
- Excursió màxima de freqüència: ±75 kHz, de conformitat amb les Recomanacions UIT-R-412-9 i UIT-R-450-3.
- Polarització: horitzontal, vertical o mixt
- Freqüència intermitja recomanada: 10,7 MHz
- Posició de l'oscil·lador: alta

- Informació complementària: RDS, SCA (67 kHz)
- Sistema estereofònic: Es realitzarà mitjançant el sistema de freqüència pilot (19 KHz en banda base MPX), especificat en la Recomanació UIT-R-450-3.
- Tolerància de freqüència: Serà millor de ± 2 kHz, conforme el que es disposa al Reglament de Radiocomunicacions de la UIT-R (Ginebra 2001 i posteriors revisions).
- Ample de banda necessari: D'acord amb el núm. 146 del Reglament de Radiocomunicacions (Ginebra 1979) i els valors reflectits a l'Apèndix 6, l'ample de banda per a transmissions estereofòniques serà de 256 kHz.
- Emissions no essencials: L'equip previst proporcionarà una supressió d'emissions no essencials de 60 dB per sota del nivell mitjà de la portadora i en cap superior a 1 mW, conforme al Reglament de Radiocomunicacions (Ginebra 2001 i posteriors revisions).

8.3.2. Estacions AM

Per dissenyar un sistema de radiodifusió en AM es prenen les següents característiques:

- Banda de freqüència: 530 kHz a 1600 kHz (ones mètriques en banda MF)
- Separació de canals: 10 kHz i la freqüència portadora és múltiple de 10 kHz a partir de 540 kHz
- Amplada de banda: la necessària és de 10 kHz, que només permet tenir una gama d'àudio de freqüència de 5 kHz
- Modulació d'amplitud: doble banda lateral amb portadora completa (A2E)
- Polarització: La ona electromagnètica haurà de ser emesa en polarització vertical
- Índex de modulació màxim serà del 100% de l'amplitud de la portadora
- La tolerància de freqüència: ± 10 kHz
- Resposta freqüència: ± 1 dB
- Distorsió harmònica: no ha de superar els 3,5%
- Espuris: 45 dB per sota de la portadora modulada amb una senyal de 400 Hz
- Emissions no essencials: 40 dB sense excedir els 50 mW
- Potència de les estacions: No superaran els 100 kW de dia i els 50 kW de nit
- Tolerància de potència: ha d'estar sempre el més proper possible a la potència nominal de l'emissora. Variacions de potència de màxim $\pm 10\%$

CAPITOL 9. SIMULACIONS

Els resultats de les simulacions de cobertura realitzades amb el programa ICS Telecom, prenent els paràmetres que es presentaven en el punt 7.2., es poden trobar en l'**Annex 4**. Per motius de confidencialitat per part d'**Abertis Telecom**, no es proporciona informació de configuració de sistemes radiants ni de diagrames de radiació. Les cobertures individuals es poden consultar a l'**Annex 5**. S'ha de tenir en compte que les cobertures del sistema DRM s'han realitzat amb nivells de potència de sortida **7 dB** per sota de la potència d'emissió de les estacions AM tal i com obliga la normativa. A continuació es mostren dos exemples de cobertures conjuntes per millor servidor:

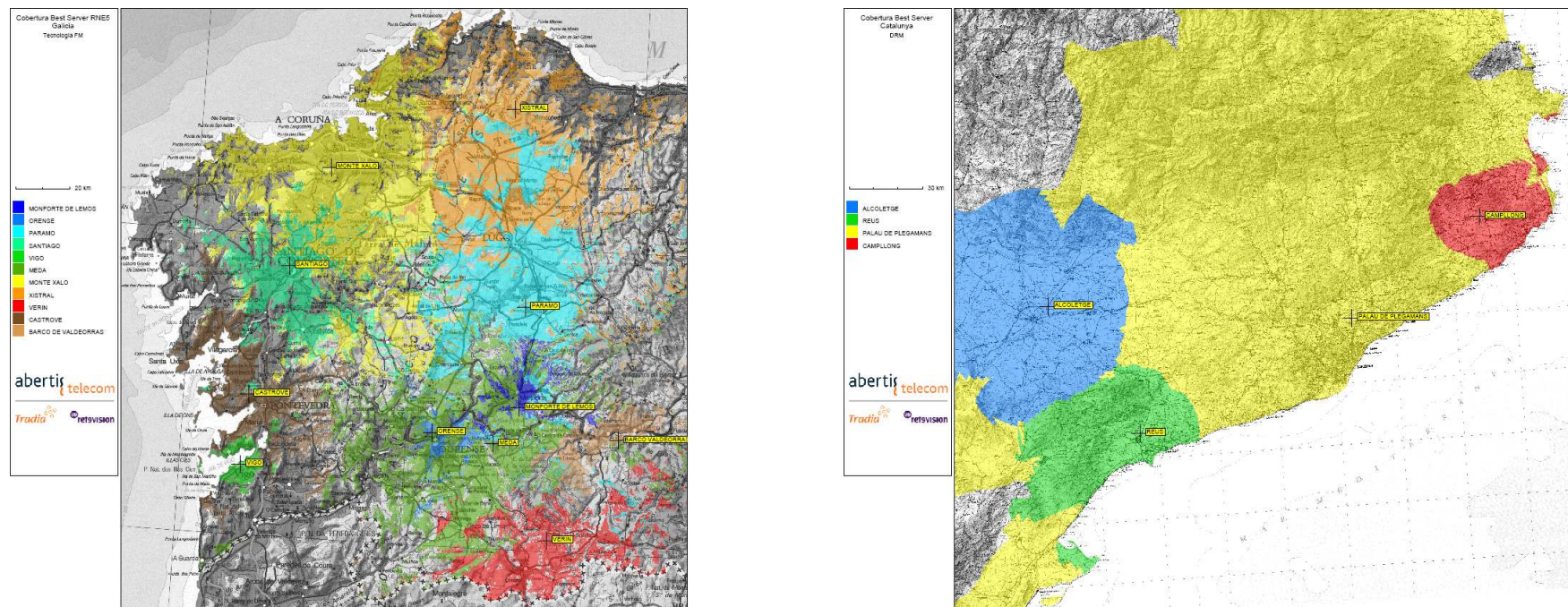


Fig. 9.1. A l'esquerra, cobertura Best Server a la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb tecnologia **FM estèreo**. A la dreta cobertura Best Server a la xarxa AM de RNE5 a Catalunya amb tecnologia **DRM**.

CAPITOL 10. POBLACIONALS

Les taques de cobertura ens mostren de forma intuïtiva quines són les zones de cobertura, i en el cas de comparar dues tecnologies ens permet observar les diferències de cobertura entre una i l'altre. Però per a veure quina és la millora de cobertura que es produeix, interessa extreure la informació d'habitants coberts. Per a fer-ho s'utilitza una opció del programa de simulació ICS que permet definir "clutters" de població i treure una estimació de població coberta a partir d'una base de dades de població actualitzada. El que s'utilitza, tan per AM com per FM, és el següent:

- Diccionari de municipis de l'Espanya editat per l'INE (Institut Nacional d'Estadística), conté informació de la quantitat d'habitants que té cada població dintre d'un municipi. A més s'hi troben les coordenades i la província a la que pertany el municipi.
- Tenim una capa administrativa del tipus .IC2, que ens relaciona cada píxel del mapa amb un municipi. Si aquest píxel està cobert es prendrà com que la zona està coberta si el nivell de senyal és més alt que el mínim proposat per cada tecnologia.
- ICS té una capa que és el "clutter" i indica com pren el programa el tipus de nucli, en funció dels edificis i de la situació. Permet introduir el percentatge de població que hi ha en cada una de les zones definides per el "clutter" que poden ser: rural, suburbana, urbana de 8 metres, urbana de 15 metres, urbana de 30 metres i urbana de 50 metres. S'han definit les distribucions de Galícia i Catalunya de forma diferenciada ja que tenen dos característiques de població distintes. Per cada una s'ha configurat en funció del "clutter":
 - Catalunya, que té un "clutter" distribuït de la següent manera:
 - Rural: 5%
 - Suburbà: 10%
 - Urbà 8 metres: 15%
 - Urbà 15 metres: 30%
 - Urbà 50 metres: 40%
 - Galícia, que té un "clutter" distribuït de la següent manera:
 - Rural: 5%
 - Suburbà: 35%
 - Urbà 8 metres: 25%
 - Urbà 15 metres: 35%

10.1. Població Coberta a Catalunya

10.1.1. FM

Taula 10.1. Població coberta a Catalunya amb les tecnologies a la banda de FM, detall per províncies

Província	Població Total	Població coberta FM (habitants)	Percentatge cobertura FM (%)	Població coberta FMeXtra (habitants)	Percentatge cobertura FMeXtra (%)
Barcelona	5.306.416	4.583.436	86,37	4.931.715	92,93
Girona	687.331	377.963	54,98	460.412	66,98
Lleida	408.610	291.262	71,28	349.214	85,46
Tarragona	730.466	495.885	67,88	579.644	79,35
Catalunya	7.132.823	5.772.522	80,9	6.320.985	88,61

La cobertura actual de la xarxa de Radio Nacional de Espanya 5 esta propera al 81% de la població de Catalunya, és un percentatge relativament alt en relació als centres que tenen en funcionament. La província on hi ha una major cobertura és Barcelona, ja que la població esta molt concentrada en els nuclis urbans. S'observa que Girona és la província on hi ha menor cobertura, això es degut a que tant sols té un centre que dona cobertura (**Rocacorba**) i a que la població es troba més dispersa que en altres províncies com Tarragona o Barcelona.

En la **Taula 10.1** es pot observar la millora que hi ha al utilitzar FMeXtra degut a la sensibilitat del receptor que necessita nivells de recepció més baixos que un receptor FM estèreo normal. Davant d'aquesta situació pot succeir que la senyal analògica es senti malament, i la senyal FMeXtra s'escolti correctament. D'altra banda, s'ha de tenir en compte que quan no arriba prou nivell de senyal al receptor no es podrà escoltar la senyal FMeXtra, però potser si la analògica (tot i que malament).

És important també, donar importància a les cobertures que s'obtenen en vies de comunicació, es pot observar en les cobertures que apareixen en l'**Annex 4**, les cobertures de les principals vies de comunicació: autopistes i trens.

10.1.2. AM

Taula 10.2. Població coberta a Catalunya amb les tecnologies a la banda d'AM, detall per províncies

Província	Població Total	Població coberta AM (habitants)	Percentatge cobertura AM (%)	Població coberta DRM (habitants)	Percentatge cobertura DRM (%)
Barcelona	5.306.416	5.306.416	100	5.306.416	100
Girona	687.331	546.633	79,52	682.896	99,35
Lleida	408.610	356.704	87,29	390.396	95,54
Tarragona	730.466	646.388	88,48	720.301	98,60
Catalunya	7.132.823	6.856.141	96,12	7.100.580	99,54

S'observen dos fets que es podien constatar a priori, la primera és que degut a que la sensibilitat dels receptors de DRM és millor, per tan necessita nivells de recepció més baixos, la cobertura que s'obté és molt més gran. I la segona es que la propagació en AM és millor que en FM.

Si s'analitza la taula amb atenció, es pot observar que la cobertura a la província de Barcelona, on la població està més concentrada, és del 100%, per contra Lleida, que té la població més dispersa i a més té zones de muntanya on la propagació en AM no és tan bona, és la província que té un percentatge de cobertura menor. Des del punt de vista de cobertura, es pot afirmar que la tecnologia digital ens proporciona millors cobertures, ja que tot i reduir la potència d'emissió en 7 dB respecte AM, la cobertura que s'obté amb DRM és millor. El increment de cobertura és del 3%, i s'aconsegueix pujar els nivells de recepció en zones on abans la cobertura era feble.

10.2 Població coberta a Galícia

10.2.1 FM

Taula 10.3. Població coberta a Galícia amb les tecnologies a la banda de FM, detall per províncies

Província	Població Total (habitants)	Població coberta FM (habitants)	Percentatge cobertura FM (%)	Població coberta FMeXtra (habitants)	Percentatge cobertura FMeXtra (%)
Corunya	1.129.141	907.912	80,40	1.035.888	91,74
Lugo	356.595	259.083	72,65	297.084	83,31
Ourense	338.671	266.331	78,64	300.077	88,60
Pontevedra	938.268	645.633	68,81	778.514	82,97
Galícia	2.762.675	2.078.959	75,25	2.411.563	87,29

S'observa, que tot i que la comunitat autònoma de Galícia té un centre emissor més que Catalunya, la cobertura total és menor. Es pot atribuir aquest fet a que

la població a Galícia esta més dispersa (moltes poblacions petites). En les simulacions de cobertura es pot veure també que la regió sud de Pontevedra no queda coberta. A més, Pontevedra és la província gallega que té la població més dispersa.

També observem, com a Catalunya, que amb la tecnologia digital s'obtenen majors percentatges de cobertura, amb un increment de més del 10%.

10.2.2. AM

Taula 10.4. Població coberta a Galícia amb les tecnologies a la banda d'AM, detall per províncies

Província	Població Total (habitants)	Població coberta AM (habitants)	Percentatge cobertura AM (%)	Població coberta DRM (habitants)	Percentatge cobertura DRM (%)
Corunya	1.129.141	1.129.141	100	1.129.141	100
Lugo	356.595	355.441	99,67	356.571	99,99
Ourense	338.671	300.124	88,61	331.541	97,89
Pontevedra	938.268	457.242	48,73	937.264	99,89
Galícia	2.762.675	2.242.948	81,18	2.754.517	99,70

Finalment l'aplicació del DRM a Galícia, proporciona un increment de cobertura de gairebé el 20%. És un increment considerable ja que en població absoluta representen 500.000 habitants. Galícia té un terreny molt adient per a les propagacions a les freqüències de AM, molt humit, per aquesta raó amb estacions que tenen potències d'emissió més baixes que les de Catalunya (**Palau de Plegamans té 100 kW**) s'obtenen cobertures similars amb DRM.

CAPITOL 11. COSTOS IMPLANTACIÓ

El pas final d'aquesta projecte és realitzar una aproximació al cost real de la implantació d'aquestes tecnologies en les xarxes actuals de RNE5 a Catalunya i Galícia. Els costos es centraran bàsicament en equipament de transmissió. Per a DRM existeixen dos fabricants que poden subministrar aquest equipament: NAUTEL i HARRIS. Els pressupostos es faran en funció d'equips **HARRIS** que tenen un catàleg més complet. Per a FMeXtra el subministrador serà **Broadcast Partners**, que té l'exclusivitat de distribució d'aquest producte a Europa. Per a veure més informació de l'equipament consultar l'**Annex 8**.

11.1. FMeXtra

La tecnologia FMeXtra permet la digitalització d'una emissió mitjançant una petita inversió. Només és necessari comprar el paquet XENCODER que comercialitza el subministrador Broadcast Partners. El XENCODER ocupa 2 unitats d'armari (rack de 19") i conté el següent hardware:

- Intel Core2Duo E6600 2,4 GHz
- Targeta Lynx AES16
- Targeta moduladora DRE FMeXtra
- Teclat i ratolí

La potència dels equips emissors no afecten al preu de l'equipament en una estació, ja que tan sols s'ajusta la senyal FMeXtra a l'entrada SCA i després segueix les etapes amplificadores del transmissor. A part del cost del codificador, serà necessari demanar ajuda tècnica al subministrador que ja té coneixement sobre la instal·lació d'aquesta tecnologia. Aquesta ajuda tècnica es tradueix en cursos per als instal·ladors i encarregats del manteniment. El manteniment d'aquests equips serà reduït. S'aprofitarà el radioenllaç o connexió satèl·lit per fer arribar la senyal a cada estació.

11.1.1. Implantació FMeXtra a la xarxa FM de RNE5 a Catalunya

11.1. Cost aproximat implantació FMeXtra a Catalunya

Inversió	Cost (€)	Quantitat	Cost Total (€)
Equips FMeXtra	6.500,00	10	65.000,00
Cursos Instal·lació i Manteniment	3.000,00/persona	3	9.000,00
Instal·lació	1500,00	10	15.000,00
Manteniment Anual	2.000,00	10	20.000,00
Total			109.000,00

11.1.2. Implantació FMeXtra a la xarxa FM de RNE5 a Galícia

11.2. Cost aproximat implantació FMeXtra a Galícia

Inversió	Cost (€)	Quantitat	Cost Total (€)
Equips Tx.	6.500,00	11	71.500,00
Cursos Instal·lació i Manteniment	3.000,00/persona	3	9.000,00
Instal·lació	1.500,00	11	16.500,00
Manteniment Anual	2.000,00	11	22.000,00
Total			119.000,00

11.2. DRM

Degut a les característiques de propagació de les freqüències en Ona Mitja, les emissions AM requereixen menys estacions que les FM per obtenir cobertures similars. Les antenes emissores actuals també serveixen per a la difusió amb DRM, i això en principi, farà més barat el cost de la implantació. D'altra banda ens trobem amb equipament que no és totalment digital, sinó que permet les emissions digitals i analògiques conjuntament, aquest fet provoca que els preus dels equips sigui més elevat. En alguns casos es podria substituir el modulador analògic per un de digital i mantenir la resta del transmissor, però com que l'equipament existent d'AM és molt antic, es proposa una renovació dels transmissors.

Els equips que es compren per a la difusió de DRM, han de donar una P.R.A. màxima 7 dB per sota de la màxima actual d'AM. Això afecta a la potència dels equips emissors, que s'haurà de reduir en el factor ja esmentat, i per tant els equips seran més barats.

A continuació es presenten les despeses de la implantació de les xarxes de DRM a Catalunya i Galícia. Les despeses d'equipament es faran de forma conjunta, per tal d'obtenir una oferta més bona per part del proveïdor.

De la mateixa manera que amb la FMeXtra, serà necessari formar tècnicament als encarregats del manteniment i la instal·lació de les estacions. També s'hauran de tenir en compte els costos d'instal·lació i manteniment associats. S'aprofitarà el radioenllaç o connexió satèl·lit per fer arribar la senyal a cada estació. També s'aprofitaran els filtres de sortida del transmissor existent, ja que estarà ajustat a la freqüència d'emissió, que no canviarà d'analògic a digital.

11.2.1. Implantació DRM a la xarxa AM de RNE5 a Catalunya

A continuació es troben desglossats els costos per: equips transmissors, transport de senyal, instal·lació i manteniment.

Taula 11.3. Cost equips transmissors DRM a Catalunya

Estació	Pot. AM (KW)	Pot. Màx. DRM (KW)	Marca Tx.	Model Tx.	Pot. Nominal Tx. (kW)	Preu equip (€)
Alcoletge	20	4	HARRIS	DAX-5	5,75	150.000
Campllong	5	1,6	HARRIS	DAX-3	3,4	75.000
Palau de Plegamans	100	20	HARRIS	3DX-25	27,5	300.000
Reus	20	4	HARRIS	DAX-5	5,75	75.000
Total						600.000

Taula 11.4. Altres costos xarxa DRM a Catalunya

Inversió	Cost (€)	Quantitat	Cost Total (€)
Cursos Instal·lació i Manteniment	4.000/persona	3	12.000,00
Instal·lació Alcoletge	6.000,00	1	6.000,00
Instal·lació Campllong	2.500,00	1	2.500,00
Instal·lació Palau Plegamans	25.000,00	1	25.000,00
Instal·lació Reus	6.000,00	1	6.000,00
Manteniment Anual	3.000,00	4	12.000,00
Total			63.500,00

El cost final del projecte d'implantació del DRM a Catalunya seria aproximadament de 663.500 €. S'observa que degut a que s'ha de canviar tot l'equipament transmissor, que té un cost elevat, el projecte de migració de la AM necessita una inversió més gran que la FM.

Implantació DRM a la xarxa AM de RNE5 a Galícia

A continuació es resumeixen els costos principals de: transmissors, transport de senyal, instal·lació i manteniment.

Taula 11.5. Cost equips transmissors DRM a Galícia

Estació	Pot. AM (KW)	Pot. Màx. DRM (KW)	Marca Tx.	Model Tx.	Pot. Nominal Tx. (kW)	Preu equip (€)
Arreiras	20	4	HARRIS	DAX-5	5,75	150.000
Monte Pasteriza	20	4	HARRIS	DAX-5	5,75	150.000
Pereiro	25	5	HARRIS	DAX-5	5,75	150.000
Piñeira	2	0,4	HARRIS	DAX-1	1,15	45.000
Total						495.000

Taula 11.6. Altres costos de DRM a Galícia

Inversió	Cost (€)	Quantitat	Cost Total (€)
Cursos Instal·lació i Manteniment	4.000/persona	3	12.000,00
Instal·lació Arreiras	6.000,00	1	6.000,00
Instal·lació Monte Pasteriza	6.000,00	1	6.000,00
Instal·lació Pereiro	6.000,00	1	6.000,00
Instal·lació Piñeira	6.000,00	1	6.000,00
Manteniment Anual	3.000,00	4	12.000,00
Total			48.000,00

El cost final del projecte d'implantació del DRM a Galícia seria aproximadament de 543.000 €.

12. RECEPTORS

Un dels possibles factors, entre molts altres, que va provocar que el DAB no triomfes va ser el preu dels receptors. Es considera important, a més d'analitzar les tecnologies i la disponibilitat d'equips transmissors, fer un sondeig del mercat de receptors.

12.1. DRM

Els fabricants de receptors digitals estan apostant per a l'aplicació de mòduls multi estàndard. S'està seguint aquesta filosofia perquè es molt interessant des del punt de vista de l'oient final, que pot escoltar la ràdio analògica i digital independentment de la tecnologia que s'utilitzi: DRM o DAB.

L'última novetat en aquest tipus d'equips és el **HIMALAYA 2009**, un equip fabricat per l'empresa **Himalaya Electronics** que esta dotat d'un mòdul Radioescape, que permet la recepció de diferents tecnologies: DRM, DAB, FM i AM. A més gràcies a una targeta SD que porta incorporada, el receptor es pot utilitzar com a MP3 i gravar programes de ràdio DRM i DAB. També permet aturar un programa digital durant una difusió i començar a escoltar-la en el mateix punt al cap d'una estona. El preu d'aquest receptor esta al voltant dels 250 €.

Existeixen altres marques de comercialitzen receptors DMR: *MAYAH, AOR, Fraunhofer,...*

12.2. FMeXtra

Actualment el receptor que esta comercialitzant **Broadcast Partners** a Europa és el model Aruba, fabricat per l'empresa **Digital Radio Express, Inc.** Permet recepció analògica i digital. Ha estat dissenyada per a ser utilitzada en interiors, utilitza recepció multi camí. Utilitza una tècnica coneguda com igualació CMA (*Constant Modulus Algorithm*), que millora la recepció de la subportadora FMeXtra i que es té intenció d'utilitzar en recepcions mòbils. El preu d'aquest receptor és de uns 100 €.

No existeix, actualment, equipament per a la recepció mòbil per cap de les dues tecnologies estudiades. El que se que s'està realitzant és equipar alguns vehicles (BMW) amb recepció DAB directament de fàbrica.

13. CONCLUSIONS

L'objectiu essencial d'aquest projecte era trobar una tecnologia que fos capaç de substituir les tecnologies de radiodifusió analògiques actuals. A part era necessari realitzar un estudi de la viabilitat d'implantació, les millores que s'aconseguien i els costos. Es considerava que aquests objectius bàsics s'havien assolit, proposant, a més, una tecnologia per la migració en la banda de AM i una altra per la banda de FM. A més s'havien assolit altres objectius i coneixements secundaris com: aprenentatge de tecnologies analògiques i digitals actuals, utilitzar eines de simulació de cobertura, treballar amb models de propagació diferents, contacte amb proveïdors,...

Les tecnologies estudiades es plantegen com dues bones alternatives que proporcionaran increments de cobertura respecte les tecnologies analògiques. I al mateix temps s'incrementarà la qualitat de les emissions. Les emissions de AM només tenen un inconvenient, la qualitat de la senyal, amb **DRM** tindrem qualitat FM mono i una cobertura millor que la d'AM. Per **FMeXtra** també guanyem en cobertura, en qualitat i s'augmenta el número de programes que es poden emetre. Les viabilitats d'implantació de cada una de les tecnologies vindrà condicionada per els costos:

- Viabilitat d'implantació FMeXtra: ofereix una bona alternativa a un cost molt baix
- Viabilitat d'implantació DRM: alternativa tecnològica molt bona, però que té un cost d'implantació molt elevat

Ha estat molt gratificant la pràctica amb les eines de simulació, el contacte amb models de propagació i el disseny de la xarxa. Per a l'empresa serà molt útil l'estudi de les emissions AM: propagacions, models de conductivitat,...ja que abans de la realització d'aquest projecte no s'havien realitzat simulacions d'AM. Aquest projecte ha servit, també, per a reforçar els coneixements sobre FM i AM, i sobre les eines de simulació que s'utilitzen a **Abertis Telecom**.

13.1. Línies futures

Les línies futures en aquest projecte són les següents:

- Realització de simulacions de cobertura per a les possibles emissions de DRM+ en la banda de FM (88-108 MHz) una vegada acceptat l'estàndard. Actualment s'estan duent a terme estudis de recepcions i configuració òptima del sistema
- Proves de camp amb emissions pilot de cada una de les tecnologies. Comprar i comprovar equips emissors i receptors, i realitzar proves per DRM i per FMeXtra. S'obtidrien: nivells de recepció, cobertures reals,...
- Amb les proves de camp realitzades seria interessant fer una comparativa amb les emissions de DAB

13.2. Impacte Mediambiental

Les infraestructures de telecomunicació: torres i casetes, són elements que tenen un impacte visual molt gran, sobretot degut les zones en que es troben situades: llocs alts i amb bones visibilitats. L'equipament necessari per a les emissions, els equips de reserva i les bateries, entre d'altres, són elements que tenen un consum energètic molt elevat. A més, per la mateixa raó que es comentava abans, el fet que les estacions estiguin aïllades, el més normal és haver de fer arribar cablejat elèctric i circular per camins de muntanya amb vehicles motoritzats. També s'ha de tenir en compte que existeixen uns nivells de camp RF que poden afectar la salut d'algunes persones. Tot i això, hi ha una normativa molt estricta tan en matèria de potències d'emissió, com de situació de les estacions, consum, impacte de l'estació i els seus elements,...En cas de que una estació estigui molt propera a un espai o edifici amb presència habitual de persones s'han de fer estudis de nivell de camp. Per les estacions del projecte, en el cas de la FMeXtra el impacte serà molt reduït ja que tan sols s'incrementarà, lleugerament, el consum energètic i es reutilitza la resta d'equipament. Per les estacions d'AM, s'aprofita l'antena existent (d'uns 200 metres d'alçada mitjana) però es canvien els equips transmissors. El consum es reduirà perquè l'equipament nou consumeix menys, ja que la potència d'emissió és menor. L'equipament substituït s'aprofitarà per altres emissions AM.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Pàgina web amb un resum de l'evolució de la ràdio analògica
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_23.htm
- [2] Resum de la situació de la ràdio digital al món
http://www.cab-acr.ca/english/research/06/sub_mar1506_app_g.pdf
- [3] Pàgina web de l'organització mundial del DAB:
http://www.worlddab.org/country_organization.php
- [4] Pàgina web informació estat DAB Anglaterra
<http://www.drdb.org>
- [5] Pàgina web informació emissions DAB a Suïça
<http://www.dab-digitalradio.ch>
- [6] Pàgina web de RTVE on apareix informació bàsica sobre el DAB
<http://www.rtve.es/dab/queesdab.html>
- [7] Manual on apareix mapa mundial de l'ús de DAB
<http://www.promax.es/downloads/docs/pdf/DABHistory-Spanish.pdf>
- [8] Xavier Redón, *“Los caminos de la digitalización de la Ràdio”*, Abertis Telecom (2007)
- [9] Pàgina web de l'organització mundial del DAB dedicada al DMB
http://www.worlddab.org/upload/uploaddocs/WorldDMB_Response_to_Commissioner_Reding_180707_short.pdf
- [10] Pàgina web amb informació bàsica sobre HD-Radio
http://www.crutchfieldenespanol.com/crutchfield/enes/24/www_crutchfieldadvisor.com/S-135HI2LZbvY/learningcenter/car/hdradio.html?page=4
- [11] Pàgina web d'Ibiquity amb els requeriments de la tecnologia HD-Radio
http://www.ibiquity.com/i/pdfs/Conversion_Requirements.pdf
- [12] Pàgina web proves FMeXtra als Estats Units
<http://www.rwonline.com/pages/s.0049/t.463.html>
- [13] Broadcast Partners, *“FMeXtra Manual Preliminary”*, Broadcast Partners, Amsterdam (2007).
- [14] Pàgina web amb informació d'AM i DRM
<http://www.radioeng.co.uk/drm2.html>
- [15] Pàgina web de RTVE amb informació tècnica sobre DRM
<http://www.rtve.es/drm/jornada.htm>

[16] Informació de les emissions de OM

http://www.altraradio.cat/Ona_Mitjana.html

[17] Pàgina web de RTVE dedicada al DRM

http://www.rtve.es/drm/doc/sistema_drm.pdf

[18] Digital Radio Mondiale, "*Broadcasters' User Manual*", VT Merlin Communications, Hertfordshire (2004)

[19] Pàgina web del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç

<http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/Espectro/>



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANNEXOS

TÍTOL DEL PFC: Estudi per la migració de la ràdio analògica
(Comparativa de Tecnologies)

TITULACIÓ: Enginyeria de Telecomunicació (Segon Cicle)

AUTOR: Lluç Díaz i Ambròs

DIRECTOR: Manuel Cañete i Carrillo

SUPERVISOR: Silvia Ruiz i Boqué

DATA: 14 de març de 2008

ÍNDEX ANEXOS

ANNEX 1. BOE 1287/1999	1
ANNEX 2. ESTUDI DETALLAT DE LES TECNOLOGIES DIGITALS	7
2.1. DRM.....	7
2.1.1. Disseny del sistema.....	7
2.1.2. Infraestructura de Radiodifusió.....	11
2.1.3. Planificació del Servei	13
2.2. FMeXtra.....	15
2.2.1. Estructura de la senyal FMeXtra	15
2.2.2. Informació en banda base	17
2.2.3. Configuració del sistema FMeXtra	18
2.2.4. Prestacions clau	18
2.2.5. X1 ENCODER	19
2.2.6. Senyal d'entrada.....	19
2.2.7. Ratis de protecció	20
ANNEX 3. EINES DE SIMULACIÓ DE COBERTURA	23
3.1. Programa SRWIN	23
3.2. Programa de càlcul de cobertures ICS	24
ANNEX 4. COBERTURES CONJUNTES.....	25
4.1. Catalunya.....	25
4.1.1. Estacions FM	25
4.1.2. Estacions AM.....	29
4.2. Galícia	33
4.2.1. Estacions FM	33
4.2.2. Estacions AM.....	37
ANNEX 5. SIMULACIONS DE COBERTURA INDIVIDUALS	41
5.1. Catalunya.....	41
5.1.1. FM estèreo i FMeXtra	41
5.1.2. AM i DRM	44
5.2. Galícia	46
5.2.1. FM estèreo i FMeXtra	46
5.2.2. AM i DRM	49
ANNEX 6. MODELS DE CONDUCTIVITAT	51
ANNEX 7. ESPECIFICACIONS EQUIPAMENT TRANSMISSOR.....	52
7.1. FMeXtra.....	52

7.2. HARRIS	53
-------------------	----

ÍNDIX DE FIGURES DELS ANNEXOS

Fig 2.1. Esquema del sistema DRM	7
Fig. 2.2. Codificadors que es poden utilitzar en DRM	8
Fig 2.3. Esquema tècnica A/RFP.....	13
Fig 2.4. Distribució de senyals en banda base.....	16
Fig 2.5. Distribució de senyals en banda base, canal mono més portadora digital.....	17
Fig 2.6. Mode normal.....	17
Fig 2.7. Mode estret.....	18
Fig 2.8. Entrada senyal FMeXtra a l'excitador	18
Fig 2.9. Ratis de protecció en funció de la separació freqüencial [FMeXtra Manual de Broadcast Partners].....	22
Fig. 3.1. Imatge del programa SR Win	23
Fig. 3.2. Paràmetres de càlcul: model de propagació, de difracció,.....	24
Fig. 4.1. Simulació de cobertura de la xarxa RNE5 amb FM actual a Catalunya	25
Fig. 4.2. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 amb FM actual a Catalunya	26
Fig. 4.3. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 amb FMeXtra a Catalunya	27
Fig. 4.4. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 amb FMeXtra a Catalunya	28
Fig. 4.5. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 a Catalunya	29
Fig. 4.6. Simulació de cobertura per millor servidor de la xarxa AM de RNE5 a Catalunya	30
Fig. 4.7. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 amb DRM a Catalunya.....	31
Fig. 4.8. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa AM de RNE5 amb DRM a Catalunya	32
Fig. 4.9. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 a Galícia	33
Fig. 4.10. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 a Galícia	34
Fig. 4.11. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb FMeXtra.....	35
Fig. 4.12. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb FMeXtra	36
Fig. 4.13. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 a Galícia.....	37
Fig. 4.14. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa AM de RNE5 a Galícia.....	38
Fig. 5.1. Cobertures d'ALPICAT	41

Fig. 5.2. Cobertures COLLSEOLA.....	41
Fig. 5.3. Cobertures MONTSERRAT	42
Fig. 5.4. Cobertures MORA LA NOVA	42
Fig. 5.5. Cobertures MUSSARA.....	42
Fig. 5.6. Cobertures PERELLÓ.....	43
Fig. 5.7. Cobertures ROCACORBA.....	43
Fig. 5.8. Cobertures SORIGUERA.....	43
Fig. 5.9. Cobertures TORRE ESPANYOL	44
Fig. 5.10. Cobertures VANDELLOS.....	44
Fig. 5.11. Cobertures ALCOLATGE	44
Fig. 5.12. Cobertures CAMPLLONG	45
Fig. 5.13. Cobertures PALAU DE PLEGAMANS	45
Fig. 5.14. Cobertures REUS.....	45
Fig. 5.15. Cobertures BARCO DE VALDEORRAS	46
Fig. 5.16. Cobertures CASTROVE.....	46
Fig. 5.17. Cobertures MEDA	46
Fig. 5.18. Cobertures MONFORTE DE LEMOS	47
Fig. 5.19. Cobertures MONTE XALO.....	47
Fig. 5.20. Cobertures OURENSE	47
Fig. 5.21. Cobertures PARAMO	48
Fig. 5.22. Cobertures SANTIAGO	48
Fig. 5.23. Cobertures VERIN.....	48
Fig. 5.24. Cobertures VIGO.....	49
Fig. 5.25. Cobertures XISTRAL	49
Fig. 5.26. Cobertures ARREIRAS FONTAO.....	49
Fig. 5.27. Cobertures MONTE PASTERIZA	50
Fig. 5.28. Cobertures PEREIRO.....	50
Fig. 5.29. Cobertures PIÑEIRA	50
Fig. 6.1. A l'esquerra, definició per part de la ITU de l'Atlas de conductivitat de Catalunya segons la recomanació ITU-R 832, i a la dreta el <i>clutter</i> de conductivitat generat amb el programa ICS Maps.....	51

Fig. 6.2. A l'esquerra, definició per part de la ITU de l'Atlas de conductivitat de Galícia segons la recomanació ITU-R 832, i a la dreta el *clutter* de conductivitat generat amb el programa ICS Maps..... 51

ÍNDIX DE TAULES DELS ANNEXOS

Taula 2.1. Paràmetres configurables DRM	9
Taula 2.2. Taxes de transmissió en funció de la robustesa i l'amplada de banda	9
Taula 2.3. Modes de robustesa i ocupació espectre	14
Taula 2.4. Nivells necessaris en dBµV/m per a $BER = 1 \cdot 10^{-4}$	15
Taula 2.5. Valors de recepció necessaris amb el receptor ARUBA (propietat FMeXtra)...	20
Taula 2.6. Valors de la recomanació BS-412-9 de la ITU	21
Taula 2.7. Ratis de protecció per a FMeXtra, estimats utilitzant les recomanacions de la ITU	21

ANNEX 1. BOE 1287/1999

BOE núm. 177

Lunes 26 julio 1999

27771

I. Disposiciones generales

MINISTERIO DE FOMENTO

16218 *REAL DECRETO 1287/1999, de 23 de julio, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal.*

Característica fundamental en el desarrollo y la evolución de los sistemas electrónicos en la última década ha sido, en el tratamiento de las señales, la sustitución de las tecnologías analógicas por las tecnologías digitales. Esta sustitución, especialmente rápida en algunos sectores de las telecomunicaciones, se limitaba hasta fechas recientes, en lo que respecta a la radiodifusión sonora, a la mera producción de programas.

Los recientes avances tecnológicos en este campo, especialmente impulsados por la Unión Europea de Radiodifusión (UER), han permitido la aparición y el desarrollo de la radiodifusión sonora digital (DAB), cuya introducción supondrá un cambio trascendental en la radiodifusión sonora, tanto por la calidad del sonido, equivalente a la de un disco compacto, como por las posibilidades de oferta de un gran número de servicios adicionales, permitiendo configurar fácilmente coberturas de programas en los diferentes ámbitos, nacional, autonómico y local. Desde un punto de vista estrictamente técnico, es de destacar que este nuevo sistema simplifica la gestión de las frecuencias, permite una mayor eficacia en su utilización y ofrece una recepción de la señal prácticamente inmune a las interferencias.

La gestión directa de la radiodifusión sonora digital terrenal corresponde al Ente Público Radio Televisión Española, de acuerdo con el artículo 5.1 del Estatuto de la Radio y la Televisión, aprobado por la Ley 4/1980, de 10 de enero, y a los entes públicos de las Comunidades Autónomas, conforme se dispone en el artículo 26 de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones. La gestión indirecta se llevará a cabo, con arreglo a las previsiones contenidas en el anteriormente citado artículo 26 y la disposición adicional sexta de la Ley 31/1987. A ambas formas de gestión les será de aplicación, además, lo previsto en la disposición adicional cuarenta y cuarta de la Ley 66/1997, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales Administrativas y del Orden Social.

Para facilitar el desarrollo de la radiodifusión sonora digital terrenal en España es preciso partir, desde el primer momento, de un escenario cierto que permita a todos los sectores involucrados conocer los plazos y el marco normativo con arreglo a los cuales se producirá la implantación de esta nueva tecnología, aun cuando no sea previsible la completa sustitución de la tecnología analógica por la digital en la radiodifusión.

Por otra parte, en la elaboración del Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal se ha procurado que exista una oferta de frecuencias equivalente

para la cobertura estatal y para la autonómica y local, y se ha tenido especialmente en cuenta la especificidad del hecho insular, conforme establece el artículo 62 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones.

La Ley 66/1997, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, en su disposición adicional cuarenta y cuarta, regula el régimen jurídico de la radiodifusión sonora digital terrenal, fijando, en su apartado 3, la necesidad de la aprobación, por el Ministerio de Fomento, del Reglamento técnico y de prestación de los servicios, con carácter previo al comienzo de la actuación de los operadores que empleen esta tecnología. Su apartado 4 exige también, como requisito previo, la aprobación, por el Gobierno, del Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal. Este mismo apartado determina que las concesiones para la gestión indirecta del servicio se otorgarán por el Estado, si su ámbito es estatal, y por las Comunidades Autónomas, si es autonómico o local.

En cumplimiento de la previsión contenida en la referida disposición adicional, se aprueba el presente Real Decreto.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Fomento, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 23 de julio de 1999,

DISPONGO:

Artículo único. *Aprobación del Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal.*

Se aprueba el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal que figura como anexo a este Real Decreto.

Disposición adicional primera. *Introducción de la tecnología digital en los ámbitos nacional, autonómico y local.*

1. Se reservan cuatro programas, para su explotación en régimen de gestión directa, al Ente Público Radiotelevisión Española, en la red de frecuencia única de ámbito nacional, para programas nacionales sin desconexiones territoriales, denominada Red FU-E en el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal. Las frecuencias correspondientes a esta red estarán disponibles antes del día 1 de enero de 2000, conforme se establece en el referido plan técnico.

Asimismo, se reservan dos programas al Ente Público Radiotelevisión Española en la red de cobertura nacional, con capacidad para efectuar desconexiones territoriales, denominada Red MF-I en el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal. Las frecuencias correspondientes a esta red estarán disponibles a partir del día 1 de enero de 2000.

El Ente Público Radiotelevisión Española podrá solicitar que se le permita explotar los programas que se indican en este apartado, en el plazo que se establezca por Orden del Ministro de Fomento.

2. Las concesiones para la explotación del servicio mediante el empleo de los restantes bloques y programas en las Redes FU-E, MF-I y MF-II de cobertura nacional, se adjudicarán por el Consejo de Ministros mediante concurso público. Los concursos para la adjudicación de estas concesiones se convocarán por el Consejo de Ministros, que también aprobará el correspondiente pliego de bases, respetándose íntegramente, en cuanto resulte aplicable, el contenido del artículo 26 y de la disposición adicional sexta de la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones en su vigente redacción y los principios contenidos en el artículo 20 de la Constitución que garantizan el pluralismo informativo.

Las frecuencias correspondientes a estas redes estarán disponibles a partir del día 1 de enero de 2000, conforme se establece en el referido plan técnico.

3. Hasta tres programas en la Red FU correspondiente a cada Comunidad Autónoma especificada en el anexo II al Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal, para el establecimiento de una red de frecuencia única en cada Comunidad Autónoma sin desconexiones territoriales, se destinan para su explotación, en régimen de gestión directa, al ente público correspondiente de cada Comunidad Autónoma. Los restantes programas de cada Red FU de ámbito autonómico se explotarán, en régimen de gestión indirecta, por las personas físicas o jurídicas a las que aquélla otorgue la oportuna concesión.

Las frecuencias correspondientes a estas redes estarán disponibles, conforme al Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal, antes del día 1 de enero de 2000.

Los entes públicos de las Comunidades Autónomas podrán solicitar que se les permita explotar los programas que se indican en este apartado, en el plazo que se establezca por Orden del Ministro de Fomento.

4. Hasta tres programas en la Red MF correspondiente a cada Comunidad Autónoma especificada en el anexo III al Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal, para el establecimiento de una red en cada Comunidad Autónoma, con capacidad para efectuar desconexiones territoriales, se destinan para su explotación, en régimen de gestión directa, al ente público correspondiente de cada Comunidad Autónoma. Los restantes programas de cada Red MF de ámbito autonómico se explotarán, en régimen de gestión indirecta, por las personas físicas o jurídicas a las que aquélla otorgue la oportuna concesión.

Las frecuencias correspondientes a estas redes estarán disponibles, conforme al Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal, a partir del día 1 de enero de 2000.

Los entes públicos de las Comunidades Autónomas podrán solicitar que se les permita explotar los programas que se indican en este apartado, en el plazo que se establezca por Orden del Ministro de Fomento.

5. Las concesiones para la explotación del servicio en régimen de gestión indirecta, mediante el empleo de los programas de cobertura autonómica indicados en los dos apartados anteriores, se adjudicarán por los órganos correspondientes de las Comunidades Autónomas en el ámbito de sus respectivas competencias, con arreglo al pliego de bases que aprueben y resultando de aplicación, en lo que proceda, el artículo 26 y la disposición adicional sexta de la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones, en su vigente redacción, y los principios contenidos en el artículo 20 de la Constitución, que garantizan el pluralismo informativo.

6. Antes del día 31 de diciembre de 1999, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas presentarán a la Secretaría General de Comunicaciones una relación priorizada de las localidades para las que se desea cobertura local y el ámbito de las mismas. Recibida dicha relación, el Ministerio de Fomento dispondrá hasta el día 30 de junio de 2000, para realizar la planificación de bloques de frecuencias, teniendo en cuenta las limitaciones derivadas de la coordinación internacional y la compatibilidad radioeléctrica entre Comunidades Autónomas adyacentes, preservando el derecho al acceso equitativo a los recursos espectrales de todas ellas.

El servicio de cobertura local se explotará, en régimen de gestión indirecta, por las personas, físicas o jurídicas, a las que la Comunidad Autónoma otorgue la oportuna concesión.

7. A efectos de esta norma, cada bloque de frecuencias de cobertura nacional, autonómica o, en su caso, local integrará, inicialmente, seis programas diferentes, susceptibles de ser explotados las veinticuatro horas del día. La capacidad a utilizar por los servicios adicionales de transmisión de datos no sobrepasará el 20 por 100 de la capacidad total de cada bloque de frecuencias del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal. La prestación de estos últimos servicios habrá de estar amparada por el título habilitante que, con arreglo a la normativa vigente sobre telecomunicaciones, la permita.

En función del desarrollo tecnológico futuro, el Ministerio de Fomento podrá, mediante Orden, establecer un mayor número de programas por bloque de frecuencias, siempre que ello no vaya en detrimento de la calidad de los servicios que se vienen prestando.

8. Las entidades que accedan al aprovechamiento de programas dentro de un mismo bloque de frecuencias podrán asociarse entre sí para la mejor gestión de todo lo que afecte al bloque de frecuencias en su conjunto o establecer conjuntamente las reglas para esta finalidad.

Disposición adicional segunda. Empleo de infraestructura de red soporte del servicio.

Las entidades habilitadas, con arreglo a este Real Decreto, para emitir programas de radiodifusión sonora empleando tecnología digital, podrán hacerlo con sus propias infraestructuras de red soporte del servicio de radiodifusión sonora o contratando su uso con terceros. A estos efectos se entenderá como infraestructura de red soporte del servicio de radiodifusión sonora la definida en la Orden de 22 de septiembre de 1998, sobre licencias individuales.

En todo caso, habrá de prestarse por una entidad que haya obtenido la oportuna licencia individual, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, y sus disposiciones de desarrollo.

Disposición adicional tercera. Utilización de infraestructuras.

Con el fin de favorecer la rápida introducción del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal, en los concursos que se convoquen para la adjudicación de concesiones para la explotación del servicio, mediante el empleo de bloques de frecuencias o programas, se valorará la utilización de infraestructuras ya existentes y, particularmente, el uso compartido de los emplazamientos y de los sistemas de antenas de emisión.

Disposición adicional cuarta. Costes de personal.

La aplicación de lo dispuesto en este Real Decreto y en sus normas de desarrollo no conllevará incremento alguno en materia de costes de personal.

Disposición final única. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 23 de julio de 1999.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Fomento,
RAFAEL ARIAS-SALGADO MONTALVO

ANEXO**Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrenal****Artículo 1. Bandas de frecuencias.**

1. El servicio de radiodifusión sonora digital terrenal se explotará en las siguientes bandas de frecuencias:

- a) 195 a 216 MHz (bloques 8A a 10D).
- b) 216 a 223 MHz (bloques 11A a 11D).
- c) 1452 a 1467,5 MHz (bloques LA a U).
- d) 1467,5 a 1492 MHz.

Los límites espectrales de cada bloque de frecuencias se expresan en el anexo IV.

2. Los bloques de frecuencias en la banda 195 a 216 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial o, en su caso, insular, que se integrarán para constituir redes multifrecuencias de ámbito nacional y autonómico. La capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.

3. Los bloques de frecuencias de la banda 216 a 223 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito nacional y autonómico. La capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.

4. Los bloques de frecuencias de la banda 1452 a 1467,5 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local.

5. Los bloques de frecuencias de la banda 1467,5 a 1492 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local. Los bloques de frecuencias específicos en esta banda se establecerán posteriormente por Orden del Ministerio de Fomento.

Artículo 2. Disponibilidad de espectro radioeléctrico.

1. De conformidad con el cuadro nacional de atribución de frecuencias, las estaciones de televisión que pudieran encontrarse prestando servicio en los canales 10 y 11, deberán cesar en sus emisiones, antes del 1 de enero del año 2000, para permitir la puesta en servicio de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal que funcionen en la banda de frecuencias 209 a 223 MHz pudiendo solicitar autorización para continuar sus emisiones en un canal radioeléctrico alternativo en la banda 470 a 830 MHz que será determinado por el Ministerio de Fomento.

2. La banda de frecuencias 195 a 209 MHz deberá estar disponible para el servicio de radiodifusión sonora digital terrenal, a partir del 1 de enero del año 2000.

Las estaciones de televisión que se encuentren en servicio en los canales 8 y 9, cesarán en sus emisiones antes de dicha fecha, para permitir la puesta en servicio de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal, pudiendo solicitar autorización para continuar sus emisiones en un canal radioeléctrico alternativo en la banda 470 a 830 MHz que será determinado por el Ministerio de Fomento.

3. La banda de frecuencias 1452 a 1492 MHz deberá estar disponible para el servicio de radiodifusión sonora digital terrenal antes del 31 de diciembre del año 2003; no se realizarán nuevas asignaciones de frecuencia en esta banda a estaciones de otros servicios de radiocomunicaciones, pudiendo solicitar los actuales usuarios nueva concesión o afectación de dominio público radioeléctrico en otra banda que sea utilizable, de acuerdo con el cuadro nacional de atribución de frecuencias.

Artículo 3. Objetivos de cobertura.

1. Con el objetivo de alcanzar la mayor cobertura nacional mediante estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal, se explotarán:

a) El bloque de frecuencias 11B en red de frecuencia única de ámbito nacional, excepto en las Islas Canarias, donde se utilizará el bloque de frecuencias 11D, para programas nacionales sin desconexiones territoriales. Esta red, a efectos de identificación, se denomina Red FUE.

b) Los bloques de frecuencias especificados en el anexo I de este plan técnico, en redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial o, en su caso, insular, que se integran en dos redes globales de ámbito nacional, para programas nacionales con capacidad para efectuar desconexiones territoriales. Estas redes, a efectos de identificación, se denominan Red MF-I y Red MF-II.

2. Con el objetivo de alcanzar las mayores coberturas territoriales autonómicas mediante estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal, se explotarán:

a) En cada una de las Comunidades Autónomas, el bloque de frecuencias especificado en el anexo II de este plan técnico, en red de frecuencia única de ámbito territorial autonómico, para programas autonómicos sin desconexiones territoriales. Estas redes se identifican con el nombre especificado en el anexo II.

b) En cada una de las Comunidades Autónomas, los bloques de frecuencias especificados en el anexo III de este plan técnico, en redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial o, en su caso, insular que se integran en redes multifrecuencias de ámbitos autonómicos, para programas regionales con capacidad para efectuar desconexiones territoriales. Estas redes se identifican con el nombre especificado en el anexo III.

3. Con el objetivo de satisfacer las necesidades de coberturas de ámbito local presentadas por las Comunidades Autónomas, se determinarán por Orden del Ministerio de Fomento los bloques de frecuencias destinados a esta modalidad de cobertura.

Artículo 4. Especificaciones técnicas de los transmisores.

Las especificaciones técnicas de los transmisores de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal serán conformes a la norma de telecomunicaciones UNE-ETS 300 401 aprobada por AENOR y equivalente a la norma europea ETS 300 401 del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación.

Artículo 5. Características técnicas de las estaciones.

1. Las características técnicas de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal en cada emplazamiento serán las que se establezcan por el Ministerio de Fomento.

2. Algunas estaciones pertenecientes a una red de frecuencia única podrán utilizar un bloque de frecuencias distinto al previsto en este plan técnico, como consecuencia de acuerdos de coordinación internacional o para garantizar la compatibilidad radioeléctrica con zonas limítrofes, previa autorización del Ministerio de Fomento.

Artículo 6. Coordinación internacional.

Las características técnicas de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal estarán sujetas a las modificaciones que pudieran derivarse de la aplicación de los procedimientos de coordinación internacional, previstas en el Acuerdo de Estocolmo de 23 de junio de 1961, en el Acuerdo de Ginebra de 8 de diciembre de 1989 y en el Acuerdo de Wiesbaden de 21 de julio de 1995, así como en cualesquiera otros Acuerdos internacionales que pudieran vincular al Estado español en el marco de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) o de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT).

Artículo 7. Fases de introducción.

La introducción e implantación del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal se realizará en las siguientes fases:

1. Primera fase: se iniciará en la Red FUE cuando se garantice una cobertura del 20 por 100 de la población nacional y antes del 1 de enero del año 2000, y en las Redes FU correspondientes a cada Comunidad Autónoma cuando se garantice una cobertura del 10 por 100 de la población autonómica y antes de la fecha que determine cada Comunidad Autónoma para su ámbito de cobertura, siempre que no sea previa al 1 de enero del año 2000. Esta fase tendrá una duración de dieciocho meses, con el objetivo de alcanzar, al menos, una cobertura del 50 por 100 de la población en su ámbito territorial.

2. Segunda fase: se iniciará en las Redes MF-I y MF-II cuando se garantice una cobertura del 20 por 100 de la población nacional y antes del 30 de junio del año 2000, y en las Redes MF correspondientes a cada Comunidad Autónoma cuando se garantice una cobertura del 10 por 100 de la población autonómica y antes de la fecha que determine cada Comunidad Autónoma para su ámbito de cobertura, siempre que no sea previa al 30 de junio del año 2000. Esta fase tendrá una duración de doce meses, con el objetivo de alcanzar, al menos, una cobertura del 50 por 100 de la población en su ámbito territorial.

3. Tercera fase: se iniciará en las Redes FUE, MF-I y MF-II antes del 30 de junio del año 2001, y en las Redes FU y MF correspondientes a cada Comunidad Autónoma antes de la fecha que determine cada Comunidad Autónoma para su ámbito de cobertura, siempre que no sea previa al 30 de junio del año 2001. Esta fase tendrá una duración de cinco años, con el objetivo de completar, al menos, una cobertura del 80 por 100 de la población en su ámbito territorial.

4. Cuarta fase: se iniciará en las Redes FUE, MF-I y MF-II, antes del 30 de junio del año 2006, y en las Redes FU y MF correspondientes a cada Comunidad Autónoma, antes de la fecha que determine cada Comu-

nidad Autónoma para su ámbito de cobertura, siempre que no sea previa al 30 de junio del año 2006. Esta fase tendrá una duración de veinte años, con el objetivo de completar, al menos, una cobertura del 95 por 100 de la población en su ámbito territorial de cobertura.

5. Por Orden del Ministerio de Fomento se establecerán las localidades principales a cubrir en cada fase.

ANEXO I

Bloques de frecuencias que se destinan al establecimiento de dos redes globales de cobertura nacional con capacidad para efectuar desconexiones territoriales

	Red MF-I	Red MF-II
<i>Provincias</i>		
A Coruña	Bloque 10A ..	Bloque 10D.
Álava	Bloque 10D ..	Bloque 9D.
Albacete	Bloque 10C ..	Bloque 8B.
Alicante	Bloque 10A ..	Bloque 8A.
Almería	Bloque 9D ..	Bloque 10A.
Asturias	Bloque 10C ..	Bloque 8D.
Ávila	Bloque 10D ..	Bloque 8D.
Badajoz	Bloque 10C ..	Bloque 8D.
Barcelona	Bloque 10A ..	Bloque 8A.
Burgos	Bloque 9B ..	Bloque 8C.
Cáceres	Bloque 9D ..	Bloque 9C.
Cádiz	Bloque 10C ..	Bloque 9C.
Cantabria	Bloque 9A ..	Bloque 9D.
Castellón de la Plana	Bloque 10A ..	Bloque 10D.
Ciudad Real	Bloque 9D ..	Bloque 8A.
Córdoba	Bloque 9C ..	Bloque 10D.
Cuenca	Bloque 9C ..	Bloque 10D.
Girona	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
Granada	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
Guadalajara	Bloque 10C ..	Bloque 10A.
Guipúzcoa	Bloque 9B ..	Bloque 8D.
Huelva	Bloque 9D ..	Bloque 10D.
Huesca	Bloque 9A ..	Bloque 10A.
Jaén	Bloque 9A ..	Bloque 10A.
La Rioja	Bloque 10A ..	Bloque 8D.
León	Bloque 10A ..	Bloque 10D.
Lleida	Bloque 10D ..	Bloque 8B.
Lugo	Bloque 8C ..	Bloque 8A.
Madrid	Bloque 9D ..	Bloque 8A.
Málaga	Bloque 9D ..	Bloque 8B.
Murcia	Bloque 9C ..	Bloque 10D.
Navarra	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
Ourense	Bloque 10C ..	Bloque 9D.
Palencia	Bloque 10C ..	Bloque 8D.
Pontevedra	Bloque 9C ..	Bloque 8D.
Salamanca	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
Segovia	Bloque 10C ..	Bloque 10A.
Sevilla	Bloque 9A ..	Bloque 8C.
Soria	Bloque 9A ..	Bloque 10D.
Tarragona	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
Teruel	Bloque 9A ..	Bloque 8B.
Toledo	Bloque 9A ..	Bloque 10A.
Valencia	Bloque 9A ..	Bloque 9D.
Valladolid	Bloque 9A ..	Bloque 9D.
Vizcaya	Bloque 10C ..	Bloque 10A.
Zamora	Bloque 9B ..	Bloque 8D.
Zaragoza	Bloque 9D ..	Bloque 8A.
<i>Ciudades</i>		
Ceuta	Bloque 9A ..	Bloque 8C.
Melilla	Bloque 9A ..	Bloque 9C.

BOE núm. 177

Lunes 26 julio 1999

27775

	Red MF4	Red MF4
<i>Islas</i>		
Fuerteventura	Bloque 10D ..	Bloque 8B.
Gomera	Bloque 9D	Bloque 8B.
Gran Canaria	Bloque 9C	Bloque 8A.
Hierro	Bloque 10D ..	Bloque 9C.
Ibiza y Formentera	Bloque 10C ..	Bloque 8C.
La Palma	Bloque 10A ..	Bloque 8A.
Lanzarote	Bloque 10C ..	Bloque 10A.
Mallorca	Bloque 9D	Bloque 8B.
Menorca	Bloque 10D ..	Bloque 8C.
Tenerife	Bloque 10C ..	Bloque 8C.

ANEXO II

Bloques de frecuencias que se destinan a la cobertura territorial autonómica en redes de frecuencia única

	Bloque	Denominación
<i>Comunidades Autónomas</i>		
Andalucía	Bloque 11C	Red FU-AND
Aragón	Bloque 11A	Red FU-ARA
Asturias (Principado de)	Bloque 11A	Red FU-AST
Balears (Illes)	Bloque 11D	Red FU-BAL
Canarias	Bloque 11C	Red FU-CNR
Cantabria	Bloque 11C	Red FU-CAN
Castilla-La Mancha	Bloque 11D	Red FU-CAM
Castilla y León	Bloque 11D	Red FU-CAL
Cataluña	Bloque 11D	Red FU-CAT
Comunidad Valenciana	Bloque 11C	Red FU-VAL
Extremadura	Bloque 11A	Red FU-EXT
Galicia	Bloque 11C	Red FU-GAL
Madrid (Comunidad de)	Bloque 11C	Red FU-MAD
Murcia (Región de)	Bloque 11A	Red FU-MUR
Navarra (Comunidad Foral de)	Bloque 11D	Red FU-NAV
País Vasco	Bloque 11A	Red FU-PVA
Rioja (La)	Bloque 11C	Red FU-RIO
<i>Ciudades</i>		
Ceuta	Bloque 11D	Red FU-CEU
Melilla	Bloque 11D	Red FU-MEL

ANEXO III

Bloques de frecuencias que se destinan al establecimiento de una red global en cada Comunidad Autónoma con capacidad para efectuar desconexiones territoriales

Comunidad Autónoma de Andalucía (red MF-AND):

Almería: Bloque 9B.
Cádiz: Bloque 9B.
Córdoba: Bloque 10B.
Granada: Bloque 8A.
Huelva: Bloque 10B.
Jaén: Bloque 8D.
Málaga: Bloque 8D.
Sevilla: Bloque 8A.

Comunidad Autónoma de Aragón (red MF-ARA):

Huesca: Bloque 8D.
Teruel: Bloque 8D.
Zaragoza: Bloque 9B.

Comunidad Autónoma del Principado de Asturias (red MF-AST):

Asturias: Bloque 9B.

Comunidad Autónoma de las Illes Balears (red MF-BAL):

Mallorca: Bloque 9B.
Menorca: Bloque 10B.
Ibiza y Formentera: Bloque 9C.

Comunidad Autónoma de Canarias (red MF-CNR):

Gran Canaria: Bloque 8D.
Fuerteventura: Bloque 10B.
Lanzarote: Bloque 9C.
Tenerife: Bloque 9A.
Gomera: Bloque 9B.
La Palma: Bloque 8D.
Hierro: Bloque 10B.

Comunidad Autónoma de Cantabria (red MF-CAN):

Cantabria: Bloque 10B.

Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (red MF-CAM):

Albacete: Bloque 8C.
Ciudad Real: Bloque 9B.
Cuenca: Bloque 10B.
Guadalajara: Bloque 8C.
Toledo: Bloque 8C.

Comunidad Autónoma de Castilla y León (red MF-CAL):

Ávila: Bloque 8B.
Burgos: Bloque 8A.
León: Bloque 9C.
Palencia: Bloque 8B.
Salamanca: Bloque 8A.
Segovia: Bloque 9C.
Soria: Bloque 10B.
Valladolid: Bloque 10B.
Zamora: Bloque 8B.

Comunidad Autónoma de Cataluña (red MF-CAT):

Barcelona: Bloque 8D.
Girona: Bloque 9A.
Lleida: Bloque 10B.
Tarragona: Bloque 9C.

Comunidad Valenciana (red MF-VAL):

Alicante: Bloque 8D.
Castellón: Bloque 10B.
Valencia: Bloque 9B.

Comunidad Autónoma de Extremadura (red MF-EXT):

Badajoz: Bloque 8B.
Cáceres: Bloque 10B.

Comunidad Autónoma de Galicia (red MF-GAL):

A Coruña: Bloque 9B.
Lugo: Bloque 10B.
Ourense: Bloque 9A.
Pontevedra: Bloque 8B.

Comunidad de Madrid (red MF-MAD):

Madrid: Bloque 9B.

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (red MF-MUR):

Murcia: Bloque 10B.

Comunidad Foral de Navarra (red MF-NAV):

Navarra: Bloque 9C.

Comunidad Autónoma del País Vasco (red MF-PVA):

Álava: Bloque 9A.
Guipúzcoa: Bloque 10B.
Vizcaya: Bloque 9C.

Comunidad Autónoma de La Rioja (red MF-RIO);
La Rioja: Bloque 8B.
Ciudad de Ceuta (red MF-CEU);
Ceuta: Bloque 8A.
Ciudad de Melilla (red MF-MEL);
Melilla: Bloque 10B.

ANEXO IV

Canalización de los bloques de frecuencias

Bloque	Límites del bloque — MHz
8A	195,168-196,704
8B	196,880-198,416
8C	198,592-200,128
8D	200,304-201,840
9A	202,160-203,696
9B	203,872-205,408
9C	205,584-207,120
9D	207,296-208,832
10A	209,168-210,704
10B	210,880-212,416
10C	212,596-214,128
10D	214,304-215,840
11A	216,160-217,696
11B	217,872-219,408
11C	219,584-221,120
11D	221,296-222,832
LA	1.452,192-1.453,728
LB	1.453,904-1.455,440
LC	1.455,616-1.457,152
LD	1.457,328-1.458,864
LE	1.459,040-1.460,576
LF	1.460,752-1.462,288
LG	1.462,464-1.464,000
LH	1.464,176-1.465,712
LI	1.465,888-1.467,424

16219 ORDEN de 23 de julio de 1999 por la que se aprueba el Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Radiodifusión Sonora Digital Terrenal.

La Ley 66/1997, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, establece en su disposición adicional cuarenta y cuarta, el régimen jurídico de la radiodifusión sonora digital terrenal, fijando, en su apartado 3, la necesidad de aprobación del Reglamento Técnico y de Prestación de los Servicios con carácter previo al comienzo de la prestación de los servicios de radiodifusión sonora digital terrenal.

En su virtud, de acuerdo con el Consejo de Estado, dispongo:

Artículo 1. *Formas de gestión del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal.*

La explotación del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal se llevará a cabo mediante gestión directa o mediante gestión indirecta a través de la oportuna concesión administrativa.

Artículo 2. *Gestión directa.*

Para la gestión directa del servicio se asignarán por el Ministerio de Fomento al ente público Radiotelevisión

Española, con arreglo al apartado 1 de la disposición adicional primera del Real Decreto 1287/1999, de 23 de julio, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrenal, cuatro programas en la Red FU-E destinada al establecimiento de una red de frecuencia única de ámbito nacional sin desconexiones y dos programas en la Red MF-I para el establecimiento de una red de cobertura nacional con capacidad para efectuar las desconexiones territoriales, descritas en dicho Plan Técnico Nacional.

Asimismo, conforme a lo dispuesto en los apartados 3 y 4 de la citada disposición adicional, el Ministerio de Fomento asignará a los entes públicos de las Comunidades Autónomas hasta tres programas en las Redes FU correspondientes a cada una de éstas, conforme al anexo II del plan técnico, para el establecimiento en ellas de una red sin desconexiones. También les asignará hasta tres programas en las Redes MF correspondientes a cada Comunidad Autónoma conforme al anexo III del Plan Técnico para el establecimiento de una red con capacidad para efectuar desconexiones territoriales.

Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas uniprovinciales, podrán solicitar al Ministerio de Fomento que todos los programas reservados para sus entes públicos en las Redes FU y MF se asignen en una única red.

Artículo 3. *Gestión indirecta.*

La gestión indirecta del servicio por entidades privadas se ajustará a lo dispuesto en la disposición cuarenta y cuarta de la Ley 66/1997, en lo que respecta al régimen jurídico de la concesión y a lo que se establece en la disposición adicional sexta de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, en lo que resulte aplicable, con carácter general, al servicio de radiodifusión. La misma persona física o jurídica sólo podrá ser titular de una concesión para la explotación de los servicios de radiodifusión sonora digital terrenal que coincidan sustancialmente en su ámbito de cobertura, salvo que, en función del número de las otorgadas, quede suficientemente asegurado el pluralismo informativo, a través de la oferta radiofónica.

Una persona física o jurídica no podrá participar mayoritariamente en varias entidades concesionarias, cuando exploten servicios de radiodifusión sonora digital terrenal que coincidan sustancialmente en su ámbito de cobertura.

El Ministerio de Fomento asignará a quienes resulten concesionarios, con arreglo al apartado 2 de la disposición adicional primera del Real Decreto 1287/1999, los programas correspondientes.

El Ministerio de Fomento, conforme a lo establecido en los apartados 3 y 4 de la disposición adicional primera del citado Real Decreto 1287/1999, asignará a aquellas personas, físicas o jurídicas, que dispongan de la oportuna concesión, los programas en las Redes FU correspondientes a la concesión otorgada en cada Comunidad Autónoma, conforme al anexo II del Plan Técnico, para el establecimiento de una red sin desconexiones en ésta. Igualmente asignará los programas en las Redes MF correspondientes a las concesiones otorgadas en cada Comunidad Autónoma, conforme al anexo III del Plan técnico, para el establecimiento de una red con capacidad para efectuar desconexiones territoriales en ella.

El Ministerio de Fomento, conforme a lo establecido en el apartado 6 de la referida disposición adicional primera del citado Real Decreto 1287/1999, asignará programas en los correspondientes bloques de frecuencias para coberturas locales a aquellas personas, físicas o jurídicas, que dispongan de la oportuna concesión.

En aquest annex es vol donar informació detallada de les tecnologies digitals en estudi: DRM i FMeXtra, que degut a la limitació de pàgines del projecte, no podien estar presents en el projecte. Es descriu en detall el funcionament de cada una de les dues tecnologies.

2.1.1. Disseny del sistema

- L'àudio i les dades codificats es combinen en el multiplexor del servei principal i forma el *Main Service Channel* (MSC)
- Informació que no s'introdueix en el multiplexor del servei principal, i forma el *Fast Acces Channel* (FAC) i el *Service Description Channel* (SDC). L'objectiu d'aquests canals és la identificació i la selecció dels paràmetres per a una transmissió, i per assegurar que els paràmetres seleccionats en la recepció són correctes.

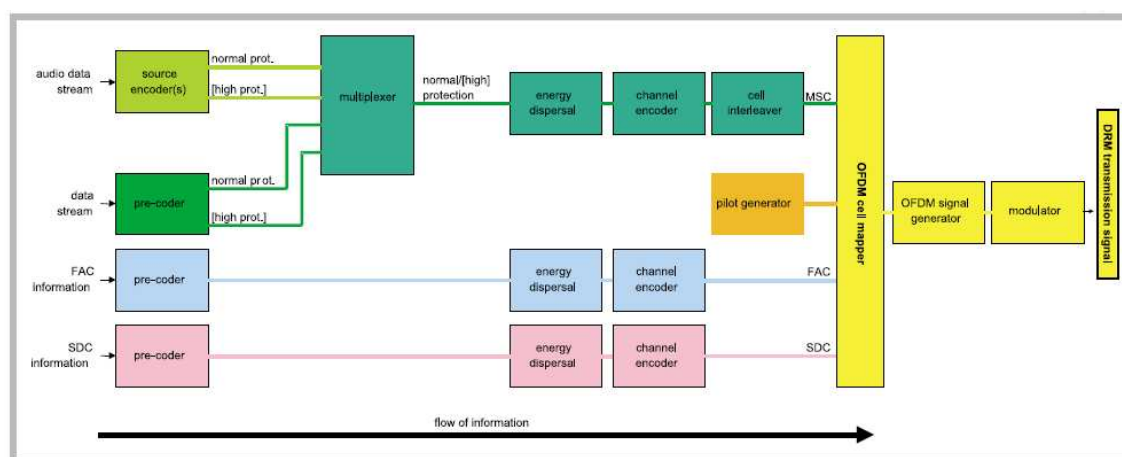


Fig 2.1. Esquema del sistema DRM

Els codificadors font de l'àudio i les dades subministren una senyal amb el format digital adequat. Cada codificador té dues sortides, a cada una se li assignen uns nivells de protecció diferents. Tot seguit el multiplexor combina els nivells de protecció de l'àudio i les dades en una gran trama. El sistema DRM utilitza la tècnica de codificació *multi-nivell*. Bàsicament, el que es fa és modular de forma diferent les components que es volen multiplexar de manera que les components més crítiques tenen més resistència en propagacions adverses.

El mòdul dispersor d'energia defineix un “*randomising*” dels bits que redueix la possibilitat de tenir irregularitats no desitjades en la senyal transmesa. El codificador de canal afegeix bits redundants en les dades per tal de proporcionar un mitjà de protecció i correcció de dades, i defineix un *mapejat* de la informació digital codificada en les cel·les QAM. Aquesta és la informació que es proporciona al transmissor per a la modulació.

S'utilitza una matriu d'intercalat situa els bits en posicions diferents de la trama que es pretén enviar, de manera que el sistema es torna més robust contra els esvaïments ràpids (*fast fading*), que provocaria pèrdues en cas de que es transmetés la senyal de forma continua.

El “*Pilot Generator*” introdueix informació que permet que el receptor demoduli la senyal de forma correcta.

Finalment les cel·les OFDM recullen la informació i la introdueixen en una matriu temps-freqüència. La senyal OFDM depèn de moltes subportadores, cada una de les quals transporta la seva pròpia senyal sinusoidal amb informació d'amplitud i fase. El compactat d'informació de la informació en aquestes subportadores conté tot el necessari per a la transmissió. El modulador converteix la representació digital de la senyal OFDM en una senyal analògica que serà transmesa via aire, modulant les subportadores en RF.

2.1.1.1. Qualitat de l'àudio

Per tal de mantenir un equilibri entre la qualitat de l'àudio i el número de serveis que es poden oferir, la tecnologia DRM té tres còdecs d'àudio que s'utilitzen per a aplicacions diferents. L'AAC dona la qualitat més alta, i els codificadors CELP i HVXC, que requereixen taxes de transmissió més baixes, s'utilitzen per a serveis de veu únics.

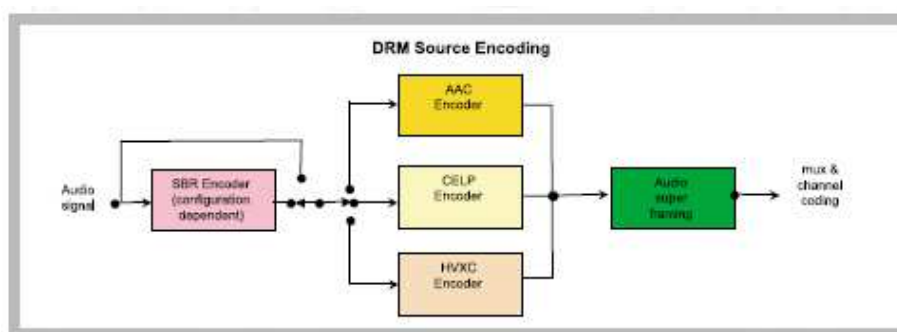


Fig. 2.2. Codificadors que es poden utilitzar en DRM

2.1.1.2. Robustesa

La **Taula 2.1.** mostra quins són els paràmetres que es poden configurar de la senyal DRM.

Taula 2.1. Paràmetres configurables DRM

Robustesa	Mode MSC (nQAM)	Modulació de senyal (kHz)	Usos típics
A	16,64	4.5,5,9,10,18,20	Canals d'ona de superfície amb esvaïment reduït
B	16,64	4.5,5,9,10,18,20	Canals selectius en freqüència i temps amb dispersió de retard
C	16,64	10,20	Com el mode B però amb dispersió de Doppler superior
D	16,64	10,20	Com el mode B però amb retard i efecte Doppler superior

Es poden combinar els paràmetres per ajustar-los de manera que el radiodifusor obtingui uns nivells de senyal que garanteixin la millor recepció. Així mateix, en la **Taula 2.2.** es mostra quines són les velocitats de transmissió que s'obtenen amb les diferents combinacions de robustesa i amplada de banda.

Taula 2.2. Taxes de transmissió en funció de la robustesa i l'amplada de banda

			Ample Banda Nominal del Senyal					
Mode	Modulació MSC (nQAM)	Nivell de robustesa	4,5	5	9	10	18	20
A	64		Taxa de transmissió aproximada (kbps)					
		Max	9,4	10,6	19,7	22,1	40,9	45,8
	Min	14,7	16,7	30,9	34,8	64,3	72	
	16	Max	6,3	7,1	13,1	14,8	27,3	30,6
Min		7,8	8,9	16,4	18,5	34,1	38,2	
B	64	Max	7,2	8,3	15,3	17,5	31,8	35,8
		Min	11,3	13	24,1	27,5	50	56,1
	16	Max	4,8	5,5	10,2	11,7	21,2	23,8
		Min	6	6,9	12,8	14,6	26,5	29,8
C	64	Max	No utilitzats			13,8	No utilitzats	29
		Min				21,6		45,5
	16	Max				9,2		19,3
		Min				11,5		24,1
D	64	Max				9,2		19,5

		Min	14,4	30,6
		Max	6,1	13
	16	Min	7,6	16,3

DRM és molt flexible i permet adaptar l'amplada de la senyal generada a l'amplada del canal en el que es proposa fer-lo treballar. També té una opció de canal *simulcast* (dues emissions de la mateixa programació en la mateixa estació en canals diferents), en el que poden treballar la senyala analògica i la de DRM en un canal de transmissió de 9 o 10 kHz.

2.1.1.3. Components del sistema

La component **FAC** és la primera component que descodifica el receptor. Al ser la senyal que transporta la informació més crítica, sempre es transmet amb la modulació més robusta, que és la 4QAM. Degut a la baixa complexitat de la modulació, aquesta component no té intercalat com els SDC i els MSC. D'aquesta manera es garanteix que el receptor descodifica la informació de forma ràpida. A més al ser una modulació més robusta la relació senyal soroll pot ser més baixa, de manera que si la descodificació de les senyals SDC i MSC falla, degut als esvaïments (*fading*), la FAC es continuarà rebent, de manera que es garanteix el sincronisme del receptor, permetent recuperar la senyal d'àudio més ràpidament quan arribin els nivells necessaris.

La FAC transporta informació que indica al receptor quin és l'ample de banda ocupat per la senyal DRM, la modulació que utilitzen el SDC i el MSC, la longitud del intercalat, la quantitat de serveis que es transporten en la MSC i el nom dels serveis.

La component **SDC** descriu en detall com descodificar la informació continguda en la MSC i també a quines freqüències es poden trobar el mateix servei rebut segons la regió on es troba el receptor. Utilitza intercalat per evitar els esvaïments. Sempre utilitza una modulació més senzilla que la MSC per garantir descodificar la senyal amb SNR més petites.

Finalment, la component **MSC**, transporta la informació útil de la senyal. Normalment utilitza una modulació 16QAM o 64QAM, i també intercalat per protegir-se dels esvaïments.

El rangs de codificació de l'àudio en DRM varia des dels 2 kbps. (mínim amb HVXC) fins als 34 kbps. (màxim amb AAC utilitzant un canal de 10 kHz), utilitzant l'ample de banda de dos canals es pot arribar fins a 72 kbps. Segons les proves realitzades amb 2-4 kbps. codificats amb HVXC es poden realitzar emissions de veu, amb CELP es tenen bones senyals de veu a 8 kbps., i per amb AAC s'aconsegueix una qualitat semblant a la de FM mono. Amb el component **SBR** (Spectral Band Replication) es pot reduir la velocitat de transmissió mantenint la qualitat de l'àudio.

2.1.1.4. COFDM Modulació de Canal

El COFMD (*Code Orthogonal Frequency Division Multiplex*) utilitza una combinació de tècniques per combatre el efecte adversos de la propagació en les bandes de difusió de la AM. OFDM transporta la informació a transmetre en nombroses subportadores separades pel mateix “espai”. Les portadores es separen en freqüència amb la inversa de la durada dels símbols. D’aquesta manera s’aconsegueix que si la finestra de integració del receptor té un ample de temps de símbol, l’espectre de la resta de senyals desmodulades serà zero: això vol dir que les senyals són ortogonals. De totes maneres a vegades, les senyals arriben al receptor per dos camins diferents, *multi-path propagation*, i poden provocar el que s’anomena **interferència intersimbòlica**. Aquest problema es soluciona posant un **interval de guarda** als símbols, així aconseguim que hi pugui haver cert retard entre una senyal que s’ha propagat per dos camins diferents, de manera que no s’interfereixin entre elles sinó que es sumen constructivament. Els diferents modes (A, B, C i D) de DRM indiquen la longitud d’aquest interval de guarda, essent l’A el menys robust i el D el que ho és més.

També s’utilitza *Forward Error Correction (FEC)*, que reordena els bits de la senyal DRM multiplexada per tal que quan hi hagi una pèrdua consecutiva de bits la senyal es pugui recuperar. Si no s’apliqués aquest sistema i s’enviés la senyal en ordre consecutiu, quan hi hagués un esvaïment es perdria informació i no es podria recuperar la senyal.

Finalment s’utilitza el que s’anomena desmodulació coherent. Enviant unes senyals pilot que el receptor coneix, es pot fer una estimació de les característiques del canal. Amb aquesta informació podem aplicar una “*equalització*” a la senyal rebuda i recuperar-la de forma correcta.

2.1.2. Infraestructura de Radiodifusió

2.1.2.1. Distribució de la senyal

En aquest punt es vol fer un resum de com arriba la senyal des de l’estudi on es genera la senyal fins al centre des de on es realitzarà la transmissió. Es distingeixen quatre grans mòduls que es descriuen a continuació:

- **Interfície de Distribució del Servei (SDI).** La SDI connecta la senyal d’àudio i/o dades generada en un estudi amb el multiplexor DRM, utilitzant el Protocol de Comunicació i Distribució (**DCP**). Poden introduir-se fins a quatre senyals diferents al multiplexor mitjançant aquesta interfície. S’utilitza aquest mòdul per a controlar de forma remota el multiplexor.
- **Interfície de Distribució del Multiplex (MDI).** La MDI connecta el multiplexor DRM amb el modulador que està en la estació emissora. S’envia, amb el protocol DCP, el múltiplex DRM juntament amb informació del control addicional. S’envien les dades de forma asíncrona amb paquets. Es poden utilitzar diferents mecanismes de transmissió com són UDP/IP, línies sèrie, satèl·lit, WAN, LAN i

ISDN. Tant el MDI com el SDI necessiten una font de sincronisme pròpia com pot ser **GPS** o **NTP** (Network Time Protocol). Amb un canal de 64 kbps, tindrem prou capacitat per enviar una senyal DRM cap al modulador de la estació emissora. La trama MDI transporta la informació següent: el múltiplex DR (MSC, FAC i SDC), tota la informació necessària per fer funcionar el moduladora amb la configuració correcte (Mode, marques de temps per SFNs,...).

- **Interfície de Control de Modulador (MCI).** Permet el control remot del modulador. La informació de control viatja amb la senyal procedent del MDI amb el protocol DCP. La MCI controla les funcions de:
 - Freqüència d'emissió, precisió de 1 Hz
 - Offset en la freqüència d'emissió, precisió de 0,1 Hz
 - Potència d'emissió: precisió de 0,01 dBd
 - Retard de la senyal transmesa, precisió de 1 ms

La quantitat d'avantatges existents al poder monitorar tots aquests paràmetres: resolució incidències immediates, possibilitat d'estalvi d'energia ajustant la potencia per tal d'arribar amb prou nivell als receptors mitjançant un sistema de retroalimentació,...

2.1.2.2. Transmissió

Un dels requeriments amb els que es va impulsar la tecnologia DRM era el de poder adaptar part de la tecnologia analògica existent. D'aquesta manera s'esperava tenir una migració parcial de l'analògic cap al digital més barata i en la que els dos tipus de tecnologia poguessin coexistir durant un temps. A continuació s'expliquen quines són les parts que es poden reutilitzar, quines parts s'hauran de reajustar i quines parts s'hauran de canviar.

La part essencial d'un transmissor és el modulador, que és la part del transmissor que portarà la senyal en banda base cap a la freqüència RF a la que es vol emetre. Per poder utilitzar els transmissors actuals d'AM serà necessari canviar el modulador actual per un DRM. Aquest canvi comporta considerar casuístiques diferents per als transmissors.

Per als transmissors de baixa potencia que utilitzen amplificadors lineals, els problemes seran mínims, s'haurà de considerar tan sols el canvi del modulador i tenir en compte que la potència màxima d'emissió de la senyal DRM serà 10 dB per sota de la potència de pic. És possible que s'hagin d'aplicar certes correccions lineals a la senyal.

Per als transmissors d'alta potència que utilitzen amplificadors no lineals hi ha certs problemes degut al comportament de la senyal I/Q. Per solucionar aquest problemes s'aplica una tècnica que s'anomena **A/RFP**, en el que les components de la senyal viatgen i es tracten per separat en el transmissor. A la component fase, **I**, se li aplica la modulació a la freqüència desitjada, i a la component en quadratura, **Q**, se li aplica el guany necessari per a la transmissió. Al final de la cadena de transmissió es forma una rèplica de la senyal original d'alt nivell (tan freqüencial com d'amplitud). La **Figura 2.3.** es pot observar un esquema de com funciona la tècnica A/RFP.

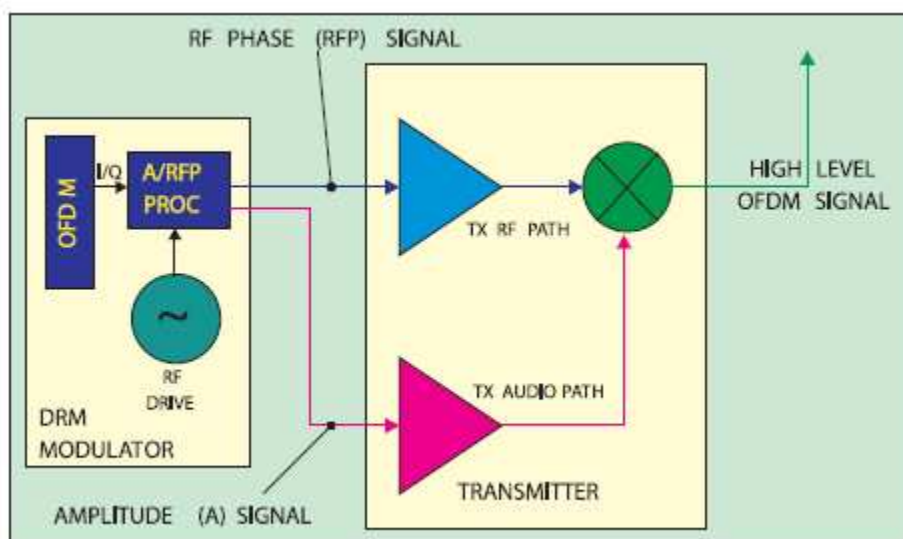


Fig 2.3. Esquema tècnica A/RFP

Hi ha un seguit de limitacions degut a l'ús d'aquesta tècnica:

- No es pot utilitzar amb transmissors de Classe B
- Qualsevol filtre que limiti l'amplada de banda de la cadena de transmissió s'haurà d'eliminar i el filtre de sortida del modulador s'haurà de modificar per assolir l'amplada de banda requerida

2.1.2.3. Sistemes Radiants

Les antenes utilitzades actualment per a les emissions d'AM es poden reutilitzar en la majoria d'estacions existents. De totes maneres es recomana realitzar proves de carregar per comprovar que el funcionament de les antenes serà l'esperat a la freqüència d'emissió.

2.1.3. Planificació del Servei

Per a la introducció de la radio digital en la Ona Mitja, es consideren que haurem de acomplir bàsicament la normativa que es deriva de l'Acord Regional GE75. El GE75 inclou l'acord amb els procediments de coordinació per a la modificació del Pla de Freqüències associat i els paràmetres tècnics en els que es basa. El protocol final conté la reserva general de Espanya per a aquest pla, amb el dret d'adoptar mesures per a restablir les zones de servei.

El pla està establert per a un sistema amb modulació d'amplitud de doble banda lateral (DBL) i portadora completa amb canalització a 9kHz i ample de banda de emissió de 9 a 20 kHz. Conforme a la Resolució 8 del GE75, és possible utilitzar un sistema de modulació diferent al de DBL, si es satisfan els següents criteris:

- El sistema permet reduir l'amplada de banda

- La interferència causada en el mateix canal o en l'adjacent no excedeix la que resultaria de l'aplicació de DBL.

DRM compleixi aquests dos criteris, ja que en els seus modes A2 i B2 tenen amplades de banda inferiors a 9 kHz, que van de 8542 a 8578 Hz. La Junta de Reglament de Radiocomunicacions aprova el 2002 aquestes regles de procediment. La Junta va decidir que es pot utilitzar provisionalment qualsevol assignació de freqüència de AM que estigui en el pla GE75, si la potència radiada es redueix en 7 dB en totes les direccions, comparada amb la assignada en el pla per a AM. Altres freqüències que es facin servir amb DRM A2 o B2 es poden introduir provisionalment si compleixen certes característiques d'emissió. Es pot considerar que la tecnologia es troba en una fase de proves a partir de la qual podrem realitzar reassignacions de freqüències una vegada fet l'estudi de les característiques de les emissions.

2.1.3.1. Recomanació ITU BS.1615

L'objectiu d'aquesta recomanació és donar uns paràmetres per a la radiodifusió sonora digital per a freqüències per sota dels 30 MHz. Informa de:

- Valors mínims d'intensitat
- Valors de protecció en radiofreqüència

Els paràmetres proporcionats per aquesta Recomanació es poden utilitzar en Ona Llarga i Mitja.

Per a una qualitat de servei elevada és necessari aconseguir una BER (Bit Error Rate) de $1 \cdot 10^{-4}$. Els valors mínims d'intensitat de camp per garantir aquesta BER a l'entrada del receptor aniran en funció de:

- Mode del DRM: com s'ha comentat anteriorment el mode de funcionament serà l'A o el B. Per més informació **Taula 2.1**.
- Ocupació de l'espectre, per a cada mode podem escollir l'amplada de banda en funció de la freqüència ocupada. A la **Taula 2.3**, es poden observar aquests valors:

Taula 2.3. Modes de robustesa i ocupació espectre

Mode de robustesa	Tipus d'ocupació de l'espectre			
	0	1	2	3
A	4,208	4,708	8,542	9,542
B	4,266	4,828	8,578	9,703
C	-	-	-	9,477
D	-	-	-	9,536
Ample Nominal (kHz)	4,5	5	9	10

- Modulació i nivells de protecció per ona de superfície:

Taula 2.4. Nivells necessaris en dBµV/m per a $BER = 1 \cdot 10^{-4}$

Esquema de modulació	Nº de nivell de protecció	Index de codificació mitjà	Mode / tipus ocupació espectre	
			A/0 (4,5 kHz)	A/2 (9kHz)
16 QAM	0	0,5	33,3	33,1
	1	0,62	35,4	35,2
64QAM	0	0,5	38,8	38,6
	1	0,6	40,3	39,8
	2	0,71	42	41,6
	3	0,78	43,7	43,2

Per als valors de les proteccions entre emissions en un mateix canal i en canal adjacent, es pot dir que si una transmissió analògica existent que respecta els criteris de protecció analògics es substitueix per una senyal DRM amb una potència d'emissió 7 dB més baixa, resultarà que les altres transmissions existents no rebran ni causaran interferència. A més les transmissions digitals són més robustes i requereixen unes relacions de protecció més baixes que les requerides per a les senyals analògiques.

2.2. FMeXtra

2.2.1. Estructura de la senyal FMeXtra

Les emissions de FM estan constituïdes per nombroses senyals que s'afegeixen en l'ample de banda base d'un canal com es mostra continuació:

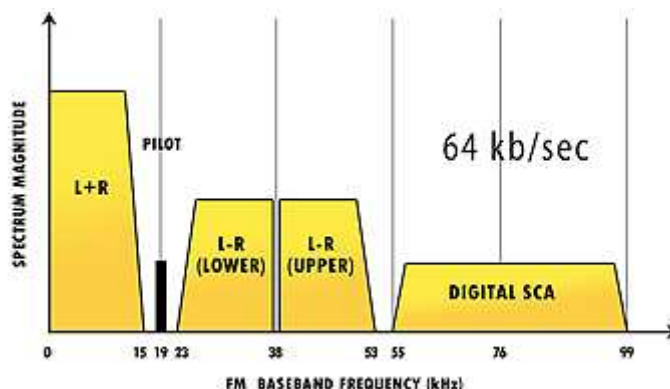


Fig 2.4. Distribució de senyals en banda base

FMeXtra utilitza les senyals addicionals no audibles que coneixem com a subportadores (senyals SCA). L'ample de banda disponible per a l'ús de les SCA, depèn de les configuracions individuals en cada estació – depenent de si la difusió es mono o és estèreo, o de si hi ha senyals que s'envien per ocupar la banda de SCA (a la majoria de les estacions espanyoles el sistema RDS (*Radio Data System*) ocupa una part de l'ample de banda de les SCA). De totes maneres aquesta tecnologia esta feta per a ser flexible i per acomodar senyals en moltes configuracions diferents. En una senyal FM estèreo típica, *FMeXtra* pot utilitzar l'espectre que va des dels 53 fins als 99 KHz. Estem parlant d'ample de banda equivalent a quatre senyals AM.

L'espectre FM s'ha estàat utilitzant per sota de les seves possibilitats, degut a que la tecnologia digital no estava prou avançada com per compactar la quantitat de bits necessaris per a transmetre informació en l'ample de banda que ocupa un canal FM.

L'antiga senyal de RDS SCA pot enviar informació a velocitats de uns 700 bits/segon, que es una taxa de transmissió baixa, és baixa fins i tot que els telèfons moderns. Fent una comparativa, *FMeXtra* pot treballar amb taxes de transmissió de 64.000 bits/segon en configuracions estèreo. Aquesta taxa pot augmentar si la difusió analògica es fa en "mono", i per tan queda més espai per enviar la senyal digital.

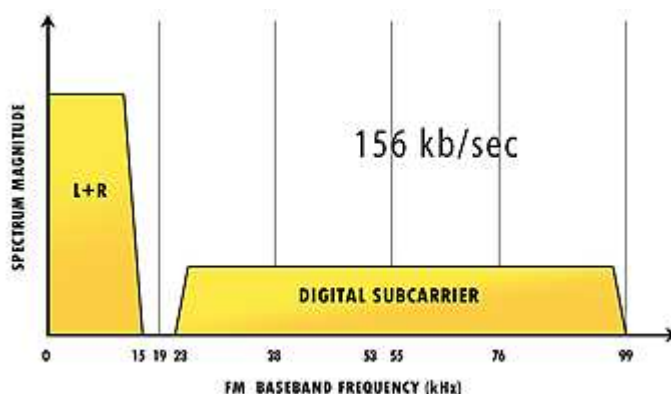


Fig 2.5. Distribució de senyals en banda base, canal mono més portadora digital.

En aquesta configuració, es pot utilitzar tot l'ample de banda que es troba entre els 20 i els 99 kHz, i permet transmetre a una velocitat màxima de 128.000 bits/segon. El quid de la qüestió es que *FMeXtra* transforma l'espectre que no s'està utilitzant en bits. En resum es pot dir que si l'estació tractada té la senyal RDS, es pot ocupar la banda que va dels 61 als 98 kHz, el qual en el pitjor dels casos permet una transmissió de 48 kbps, amb a configuració que més interressi al que ofereix el serveis ràdio:

- 1 canal estèreo de 48 kbps
- 2 canals estèreo de 24 kbps (per tan dos emissions estèro diferents)
- 4 canals mono de 10 kbps (per tan quatre emissions mono)

2.2.2. Informació en banda base

FMeXtra fa servir el que s'anomena "*lift capacity*" en la senyal FM, que ha estat inutilitzada durant molt temps. Aquest espai lliure s'ha utilitzat per el transport d'informació DARC (transport de dades, per aplicacions de negoci com *Radio Ambiente Musical*). A Europa les aplicacions funcionen on mode normal (62-99 kHz) i el mode "estret" (60-83 kHz), tots al costat de la senyal analògica incloent el RDS.

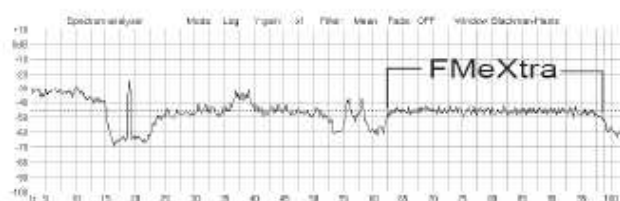


Fig 2.6. Mode normal

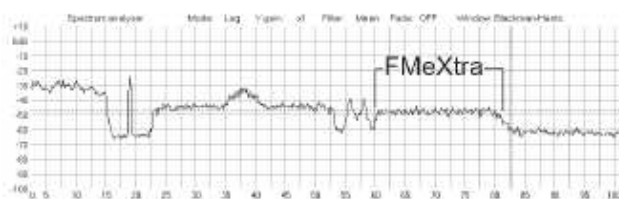
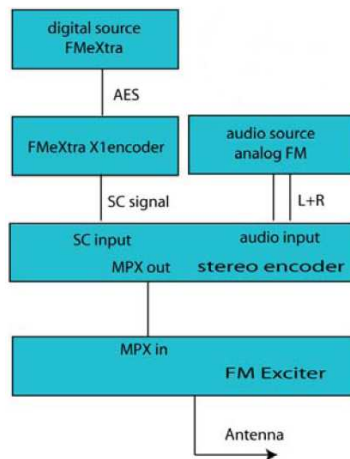


Fig 2.7. Mode estret

No hi ha cap mode de funcionament d'aquesta tecnologia que tingui un efecte important en el nivell de la potència de modulació. No es genera interferència en els canals veïns i el sistema es pot implementar de forma simple i ràpida a Europa.

2.2.3. Configuració del sistema FMeXtra

El gran avantatge que ofereix FMeXtra, és la facilitat amb la que permet fer la instal·lació, configuració i emissió. L'entrada de la senyal digital es fa connectant el codificador FMeXtra a una de les entrades SCA. En cas de que l'excitador només tingui entrada MPX (multiplex), es possible connectar el codificador FMeXtra, a un codificador estèreo o un processador sonor. A la **Figura 2.8**, es mostra el diagrama de connexions en cas d'utilitzar un codificador de senyal extern.

**Fig 2.8. Entrada senyal FMeXtra a l'excitador**

2.2.4. Prestacions clau

- La senyal FM existent es manté igual
- Múltiples canals d'àudio digital extra
- Possibilitat d'enviar text sobre la senyal FMeXtra
- Permet enviar imatges
- Accés condicional. El codificador conté un mòdul d'Accés Condicional que permet xifrar les trames de dades i àudio, de manera que només uns usuaris concrets puguin rebre la senyal enviada. És una unitat molt flexible que es pot utilitzar per una gran varietat d'aplicacions com serveis de subscripció, control de continguts per part del pares, xarxes privades de difusió o serveis d'emergència civil.

2.2.5. X1 ENCODER

El codificador F1 és un aparell compactat per a ser muntat en una unitat de rack. El nucli del codificador és un ordinador personal funcionant sobre Windows XP. La unitat accepta senyals d'entrada digitals en dos formats diferents: AES o S/PDIF.

Utilitzant un teclat, un monitor i un ratolí que podem connectar en la part del darrera de la unitat. Connectem la senyal que volem emetre a l'entrada de la targeta d'àudio PCI Lynx AES16 i la sortida del codificador es connecta, mitjançant connectors BNC, a l'entrada del port SCA de l'excitador FM del transmissor.

El codificador conté un "hard drive" intern i un "driver" de CD-ROM de manera que es puguin realitzar les actualitzacions de *software* necessàries. La configuració del codificador es realitza mitjançant la selecció dels paràmetres pertinents en la finestra que ens apareix en pantalla. La companyia DRE recomana tenir un monitor de la modulació connectat a la "sample" de mostra del transmissor de manera que el nivell d'entrada es pugui ajustar de forma acurada.

2.2.6. Senyal d'entrada

Un avantatge significatiu del sistema *FMeXtra* és que la codificació es pot realitzar en qualsevol punt de la cadena de transmissió utilitzant estàndard d'Internet, simplificant la implementació dels enllaços STL digitals o d'altres tipus d'enllaços. El codificador X1 té 4 entrades digitals AES-EBU disponibles en el cable XLR de la targeta *Lynx*.

El codificador **aacPlus** intern pot codificar fins a 4 canals estèreo de forma independent en temps real mentre genera la senyal FMeXtra. A més, es poden subministrar a través d'Internet trames pre-codificades.

El mode de codificació del X1 ENCODER es pot seleccionar depenent del tipus de contingut que s'introdueix: aacPlusV2 per a àudio digital i AMR-WB, optimitzat per a transmissions de veu. El millor, és que permet codificar cada canal d'entrada per separat configurant la velocitat i l'estàndard. De totes maneres es recomanable fer proves exhaustives de la qualitat de les senyals obtingudes.

2.2.6.1. Trames digitals pre-codificades

El X1 ENCODER accepta trames RTSP/RTP MPEG-4 HE com les que pot subministrar el codificador Orban™ Opti-codec™, que és bàsicament un servidor d'*streaming*. Aquesta funcionalitat permet realitzar el transport de la senyal a transmetre des dels estudis fins a l'estació mitjançant una connexió d'Internet. Aquest enllaç d'*streaming* es pot utilitzar com a sistema de seguretat (*back up*) de l'enllaç principal.

A diferència d'altres sistemes de radio digital basats en algorismes tancats per drets del propietari, l'ús de l'algorisme MPEG permet realitzar la codificació de l'àudio en qualsevol punt de la cadena de generació o codificació. A més, permet utilitzar qualsevol senyal procedent d'Internet i difondre-la. Pot ser molt útil per a fer emissions d'emergència en totes les freqüències de la banda.

Per a produir una trama d'àudio codificada per a realitzar *streaming* en un estudi tan sols és necessari un ordinador personal amb els components següents:

- Software de codificació: Orban™ Opti-codec™
- Software servidor streaming: SHOUTcast o Darwin

2.2.7. Ratis de protecció

La recepció de les emissions de la ràdio FM depèn de tres factors bàsics:

- El nivell de la senyal que es vol escoltar
- El nivell de la senyal interferent
- La qualitat del receptor.

Segons proves realitzades sobre escenaris teòrics els nivells de protecció necessaris per a un receptor de FMeXtra són els que es mostren en la taula següent:

Taula 2.5. Valors de recepció necessaris amb el receptor ARUBA (propietat FMeXtra)

Nivell d'Injecció	E _{min} [dBμV/m]
0,1	42
0,2	37
0,3	34
0,4	32
0,5	31
0,6	28
0,7	28
0,8	26
0,9	26
1,0	26

Es sol dir que el factor que limita la cobertura de la radio solen ser les interferències. Si la senyal principal de FM esta clarament afectada per una altre senyal, la subportadora FMeXtra també estarà interferida. Tot i que els nivells de senyals interferents són importants, el que determina el nivell d'interferència són és el l'espai freqüencial que deixem entre les portadores. Per a senyals FM analògiques la ITU va publicar unes recomanacions per als nivells de protecció entre senyals. El nivell de protecció dóna un valor que indica la diferencia mínima, expressada en dB, que hi ha d'haver entre la senyal desitjada i la interferent, de manera que es pugui rebre la senyal desitjada de forma correcte. A la **Taula 6.2.** podem trobar els valors que es donen en la recomanació BS-412-9 de la ITU.

Taula 2.6. Valors de la recomanació BS-412-9 de la ITU

Espaiat entre portadores (kHz)	Ratis de protecció [dB]			
	Monofònic		Estereo	
	Interferencia Estàtica	Interferència troposfèrica	Interferencia Estàtica	Interferència troposfèrica
0	36	28	45	37
100	12	12	33	25
200	6	6	7	7
300	-7	-7	-7	-7
400	-20	-20	-20	-20

Broadcast Partners, el distribuïdor dels equips FMeXtra a Europa, va realitzar unes mesures similars per a senyals FMeXtra complint amb les recomanacions de la ITU. La senyal interferent és, tal i com diuen les recomanacions, modulada amb soroll. Les probes van resultar en els nivells de protecció que mostren en la **Taula 2.7.**

Taula 2.7. Ratis de protecció per a FMeXtra, estimats utilitzant les recomanacions de la ITU

Espaiat entre portadores (kHz)	Rati de protecció [dB]					
	Potència de modulació 5 dB					
	Mode Normal de la FMeXtra					
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
0	21	18	17	16	16	12
100	37	32	30	27	26	24
200	-2	-6	-7	-10	-11	-12
300	-35	-35	-35	-35	-35	-35
400	-35	-35	-35	-35	-35	-35

Els nivells d'injecció indiquen el nivell amb el que calibrem el la potencia de la portadora de FMeXtra. Els nivells normals es consideren entre 0,25 i 0,5. Amb aquest valors trobem que els nivells de protecció per a FMeXtra han de ser més baixos que per a FM analògica. En la **Figura 2.9.** es presenta una gràfica amb els ratis de protecció de les diferents mesures (el nivell d'injecció de la senyal FMeXtra és de 0,5)

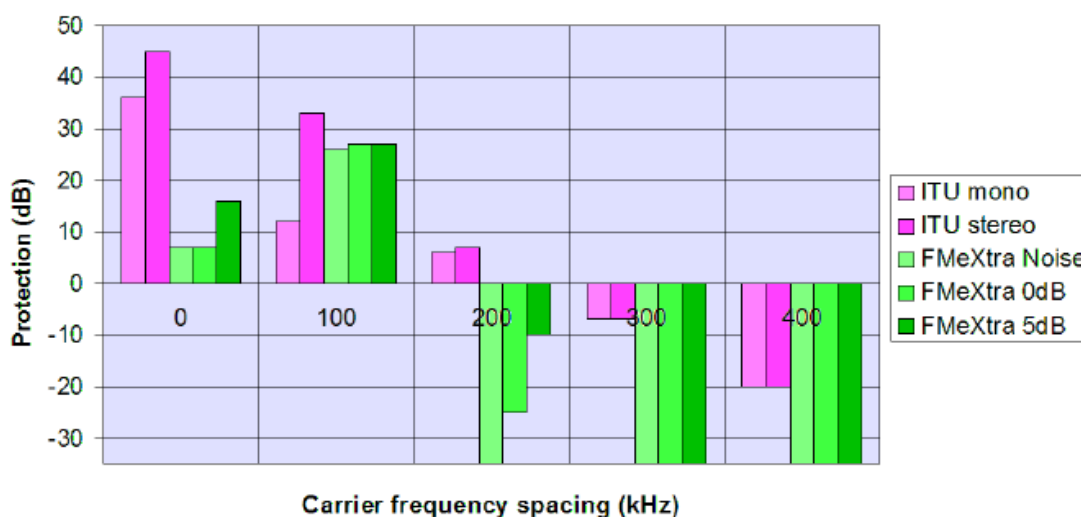


Fig 2.9. Ratis de protecció en funció de la separació freqüencial [FMeXtra Manual de Broadcast Partners]

Les mesures indiquen una influència negativa en l'augment de la potencia de modulació dels altres usuaris de l'espectre, però tot i haver-hi una modulació interferent de 5 dB, FMeXtra és més robust que la FM estèreo analògica, menys robusta que FM mono a 100 KHz. En condicions estàtiques FMeXtra és menys sensible a la interferència en el mateix canal que la FM. També s'ha trobat que un transmissor té un efecte interferent més gran quan es roba a 100 KHz de separació freqüencial.

II

III

ANNEX 3. EINES DE SIMULACIÓ DE COBERTURA

3.1. Programa SRWIN

El programa SR Win (www.aldena.it) permet la simulació dels Sistemes Radiants necessaris per a la cobertura de FM. Es poden destacar les següents característiques:

- Permet el disseny d'antenes complexes, agrupacions, a partir d'una unitària escollint les inclinacions i orientacions de cadascuna. Situa gràficament la col·locació de les antenes en l'espai, tot identificant, a partir de les mides de l'antena base, la correcta situació en l'agrupació.
- Permet editar i modificar les antenes unitàries.
- Genera simulacions de diagrama de radiació exportable al programa de simulació de cobertures ICS Telecom.
- Visualitza el diagrama horitzontal i el diagrama vertical de forma gràfica i a diferents resolucions.

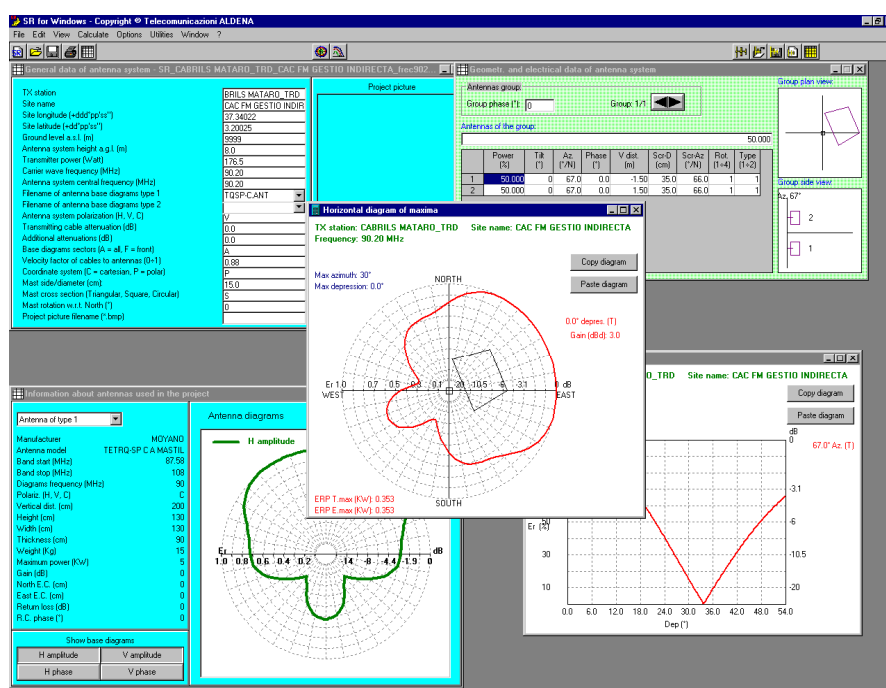


Fig. 3.1. Imatge del programa SR Win

El programa permet introduir valors de posició exacta de cada panell en un sistema radiant complex, de forma que, para cada panell, es pot triar:

- Distància al centre mecànic.
- Azimut de la posició del panell respecte al centre de la torre.
- Azimut de l'orientació del panell, allà on mira.
- Alçada de l'antena.
- Desfasament elèctric del panell.
- Inclinació del panell.

3.2. Programa de càlcul de cobertures ICS

ICS Telecom és una eina dissenyada per l'empresa ATDI (www.atdi.com) per a la planificació de xarxes de telecomunicacions i l'administració de l'espectre.

Les principals característiques de l'eina de càlcul i simulació de cobertura ICS Telecom es poden resumir en:

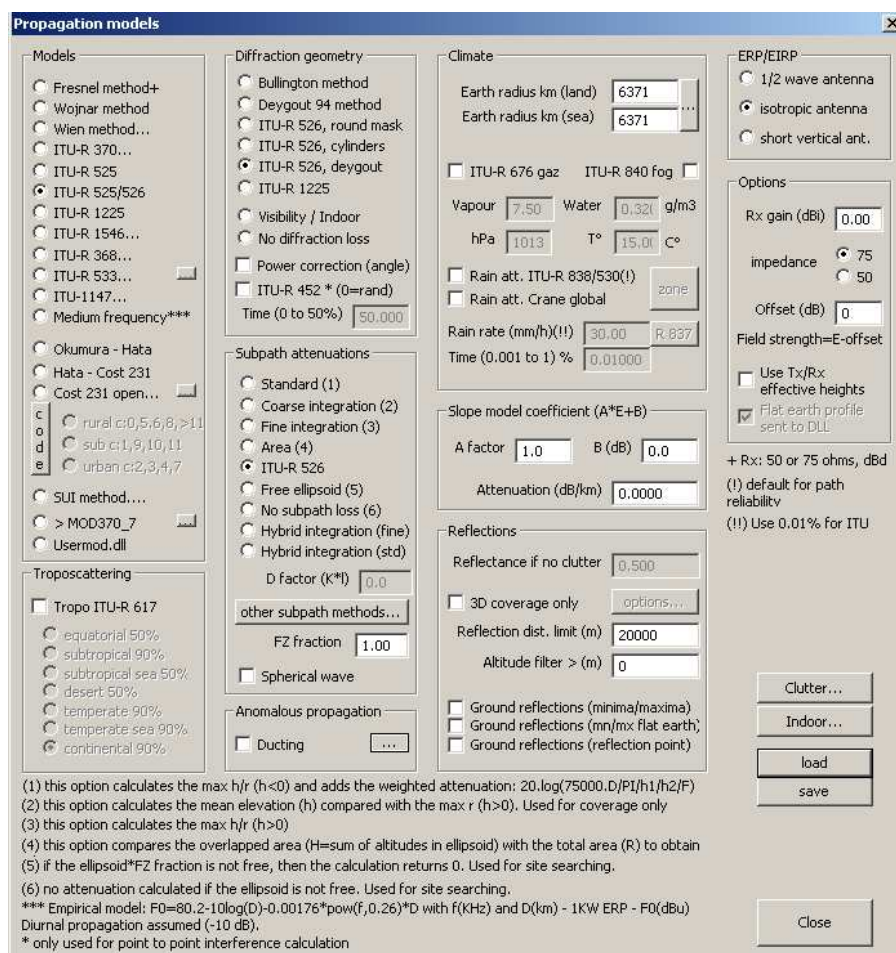


Fig. 3.2. Paràmetres de càlcul: model de propagació, de difracció,...

El sistema integra multitud de models de propagació (Fresnel, Deygout 94, Okumura-Hata, ITU R.370, ITU R.1546, ITU R.525/526, Longley-Rice, NBS 101...).

Les interaccions físiques, com la curvatura de la terra, l'atenuació climàtica o l'atenuació lineal d'usos del sòl són contemplats pel programa. Es pot afirmar que els models de propagació i els resultat obtinguts pel programa són molt propers a la realitat.

4.1.1.2. Cobertura Best Server FM

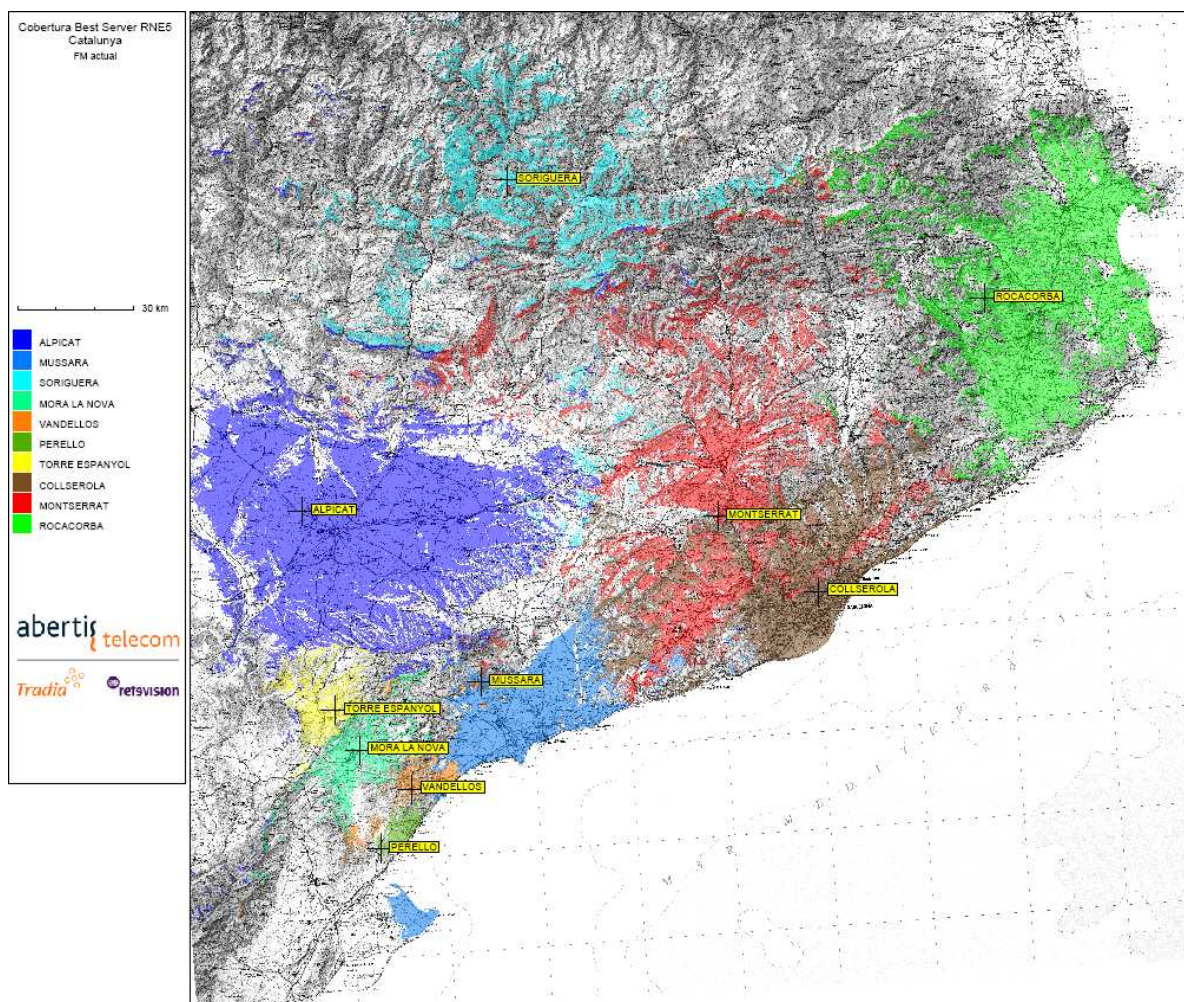


Fig. 4.2. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 amb FM actual a Catalunya

4.1.1.3. Cobertura FMeXtra

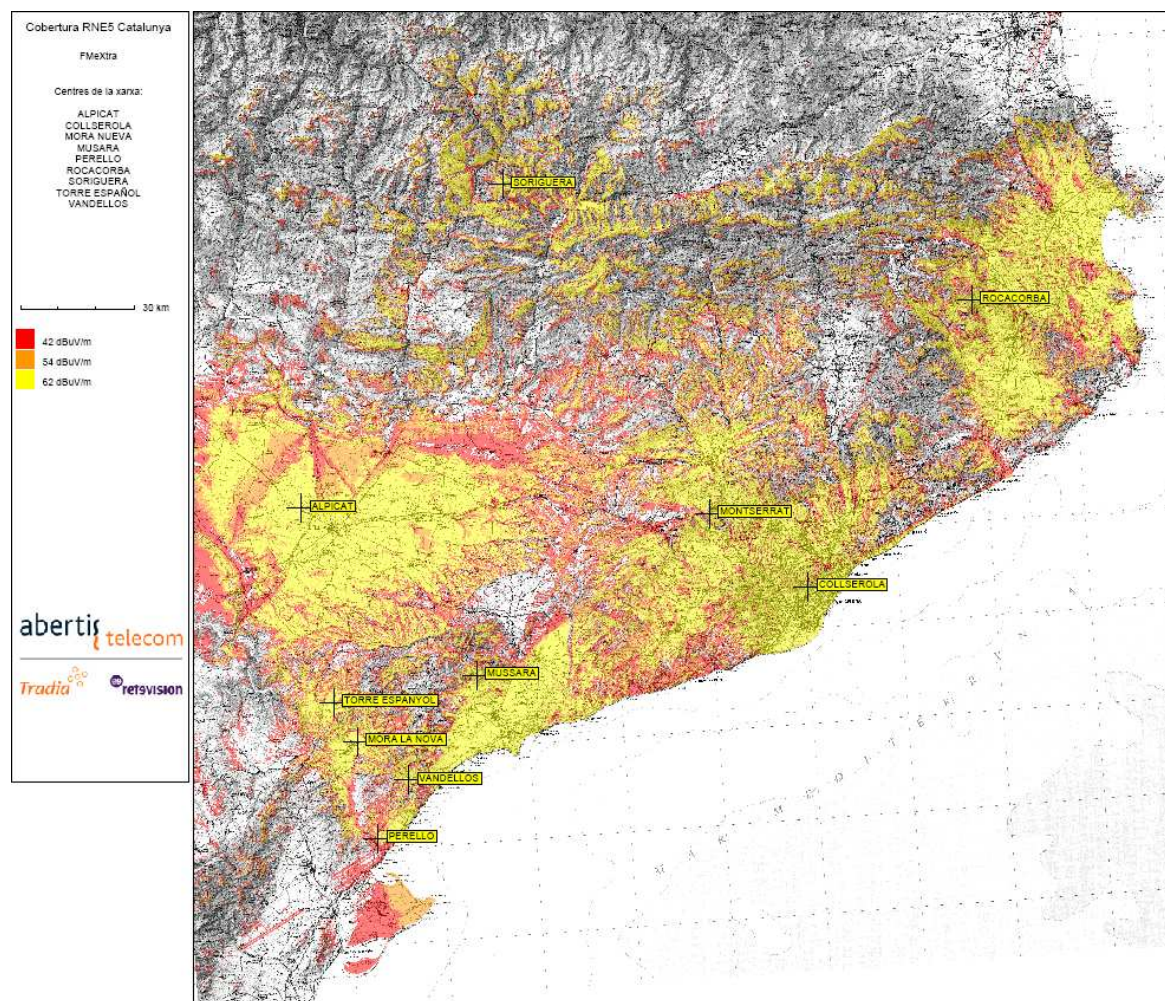


Fig. 4.3. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 amb FMeXtra a Catalunya

4.1.1.4. Cobertura Best Server FMeXtra

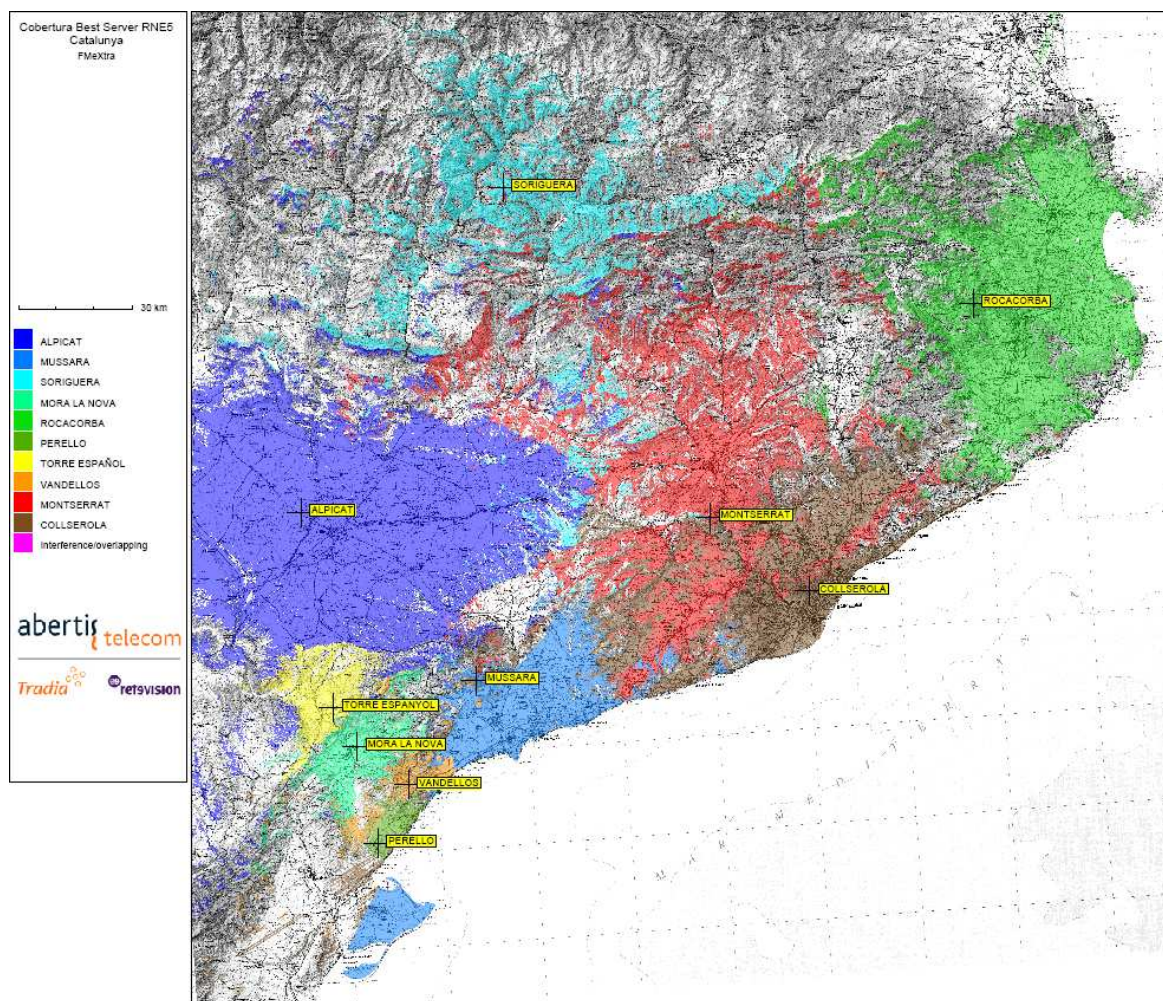


Fig. 4.4. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 amb FMeXtra a Catalunya

4.1.2. Estacions AM

4.1.2.1. Cobertura AM

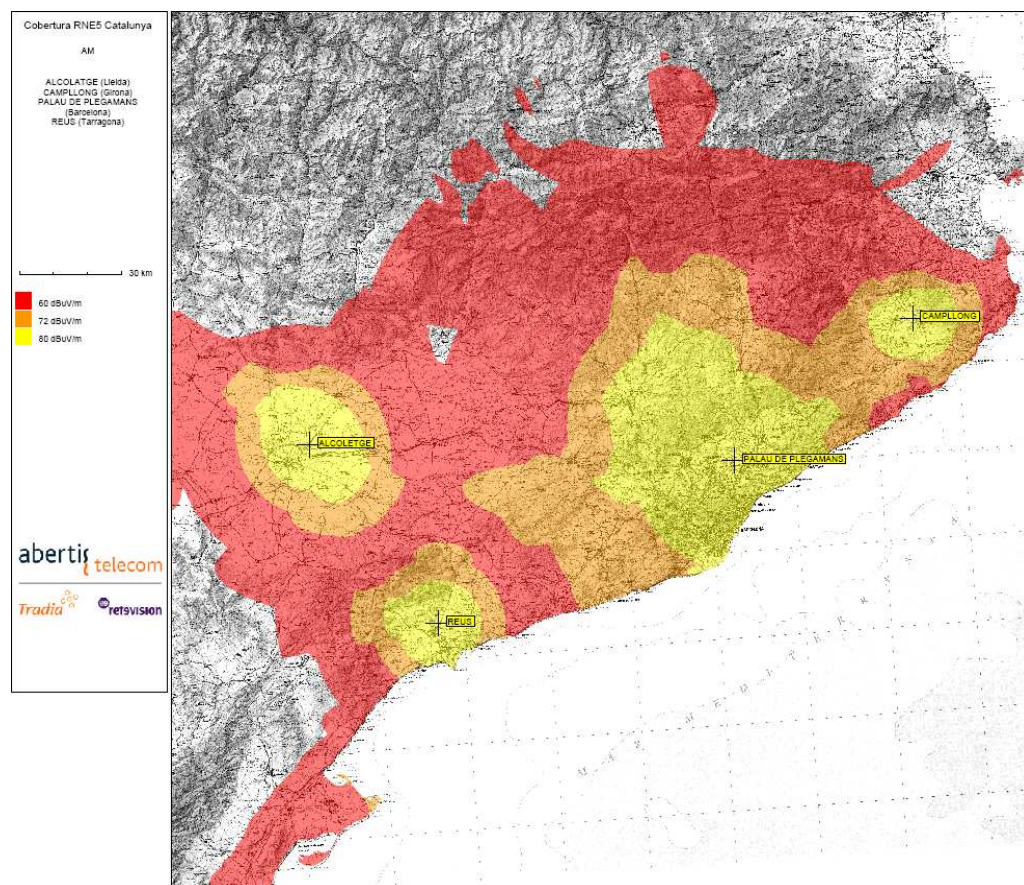


Fig. 4.5. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 a Catalunya

4.1.2.2. Cobertura Best Server AM

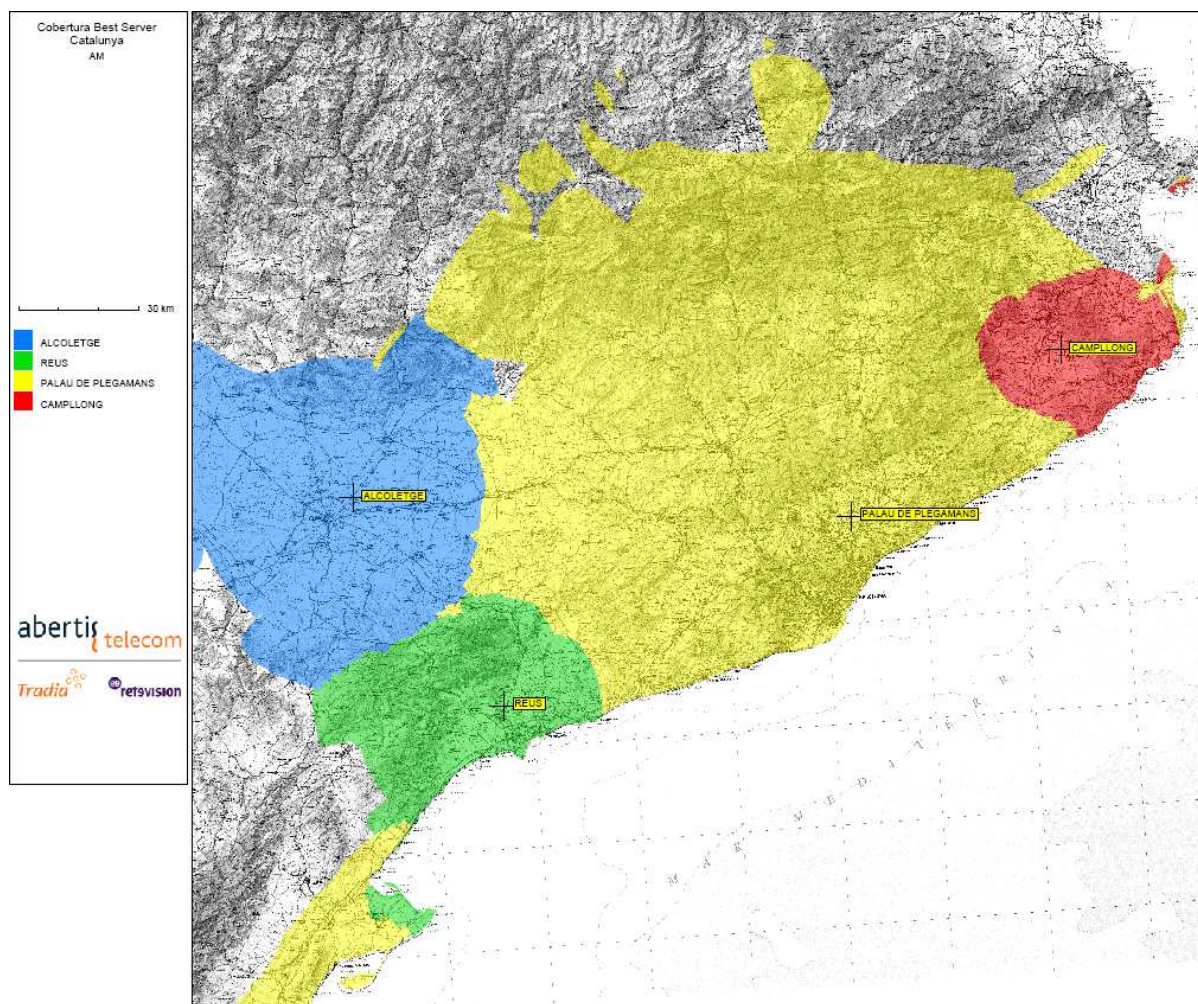


Fig. 4.6. Simulació de cobertura per millor servidor de la xarxa AM de RNE5 a Catalunya

4.1.2.3. Cobertura DRM

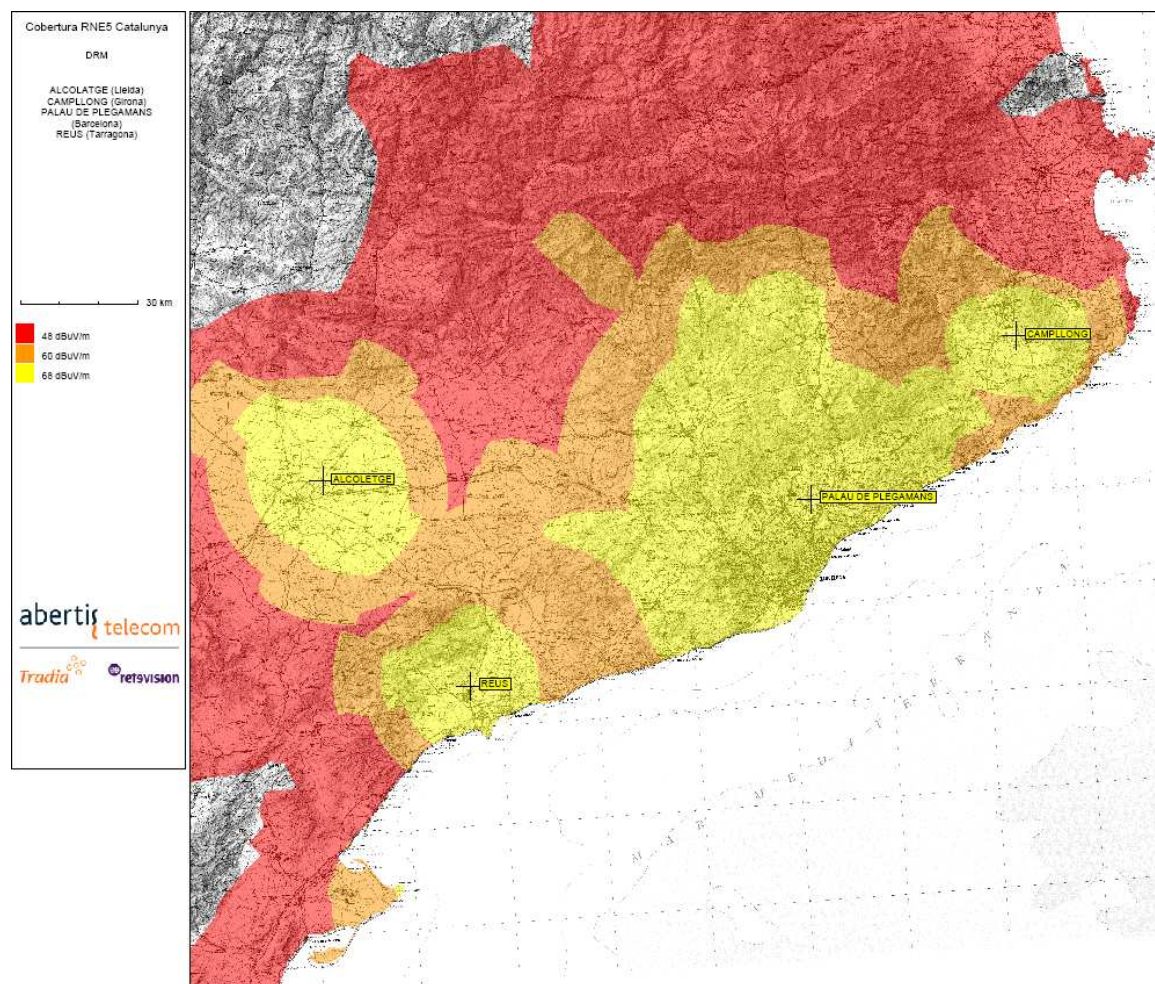


Fig. 4.7. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 amb DRM a Catalunya

4.1.2.4. Cobertura Best Server DRM

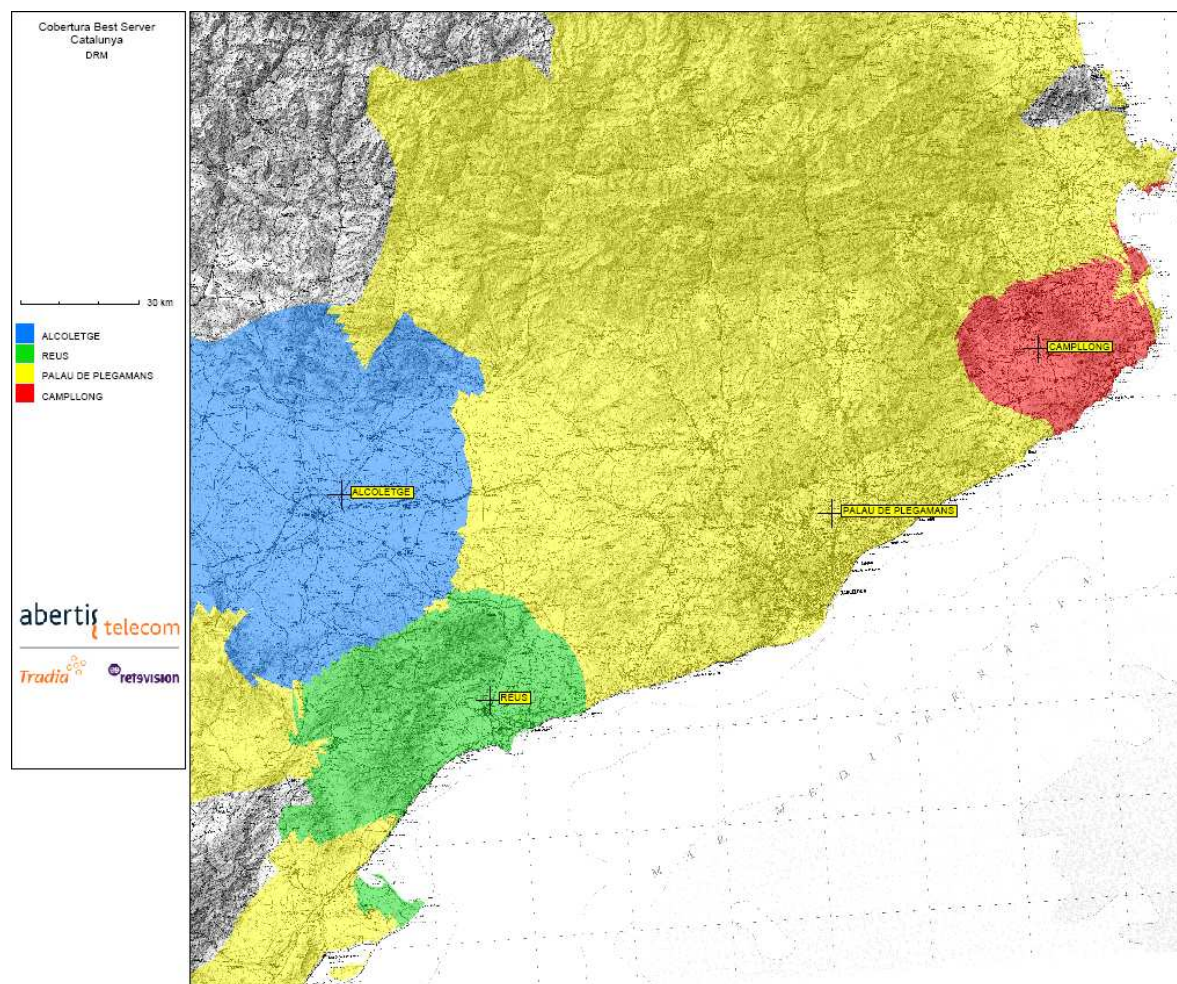


Fig. 4.8. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa AM de RNE5 amb DRM a Catalunya

4.2. Galícia

4.2.1. Estacions FM

4.2.1.1. Cobertura FM actual

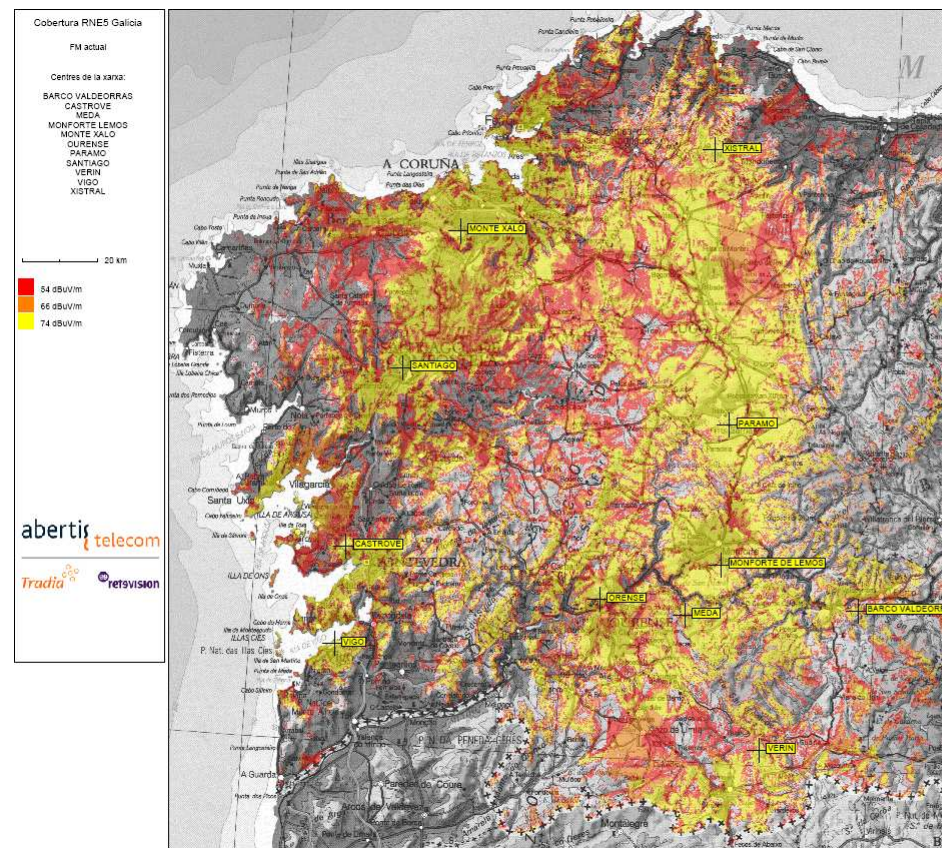


Fig. 4.9. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 a Galícia

4.2.1.2. Cobertura Best Server FM actual

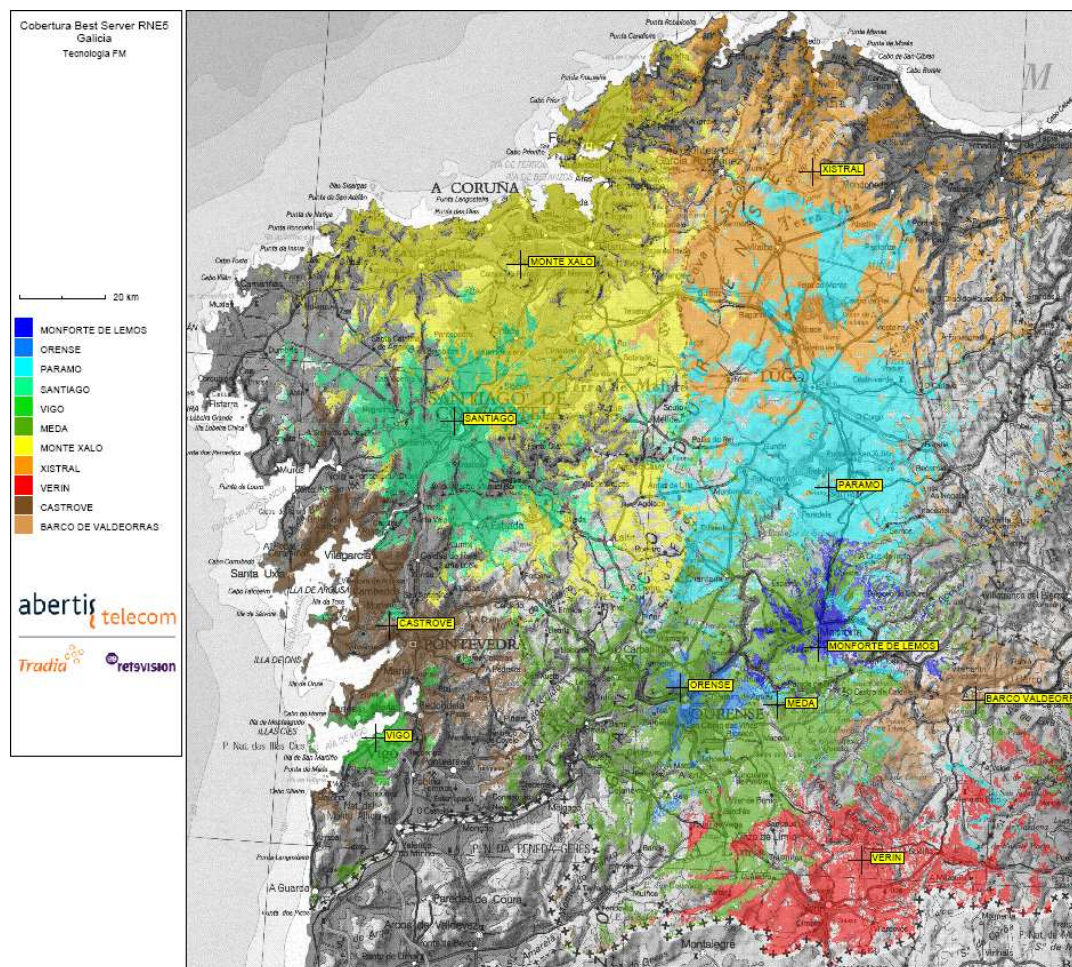


Fig. 4.10. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 a Galícia

4.2.1.3. Cobertura FMeXtra

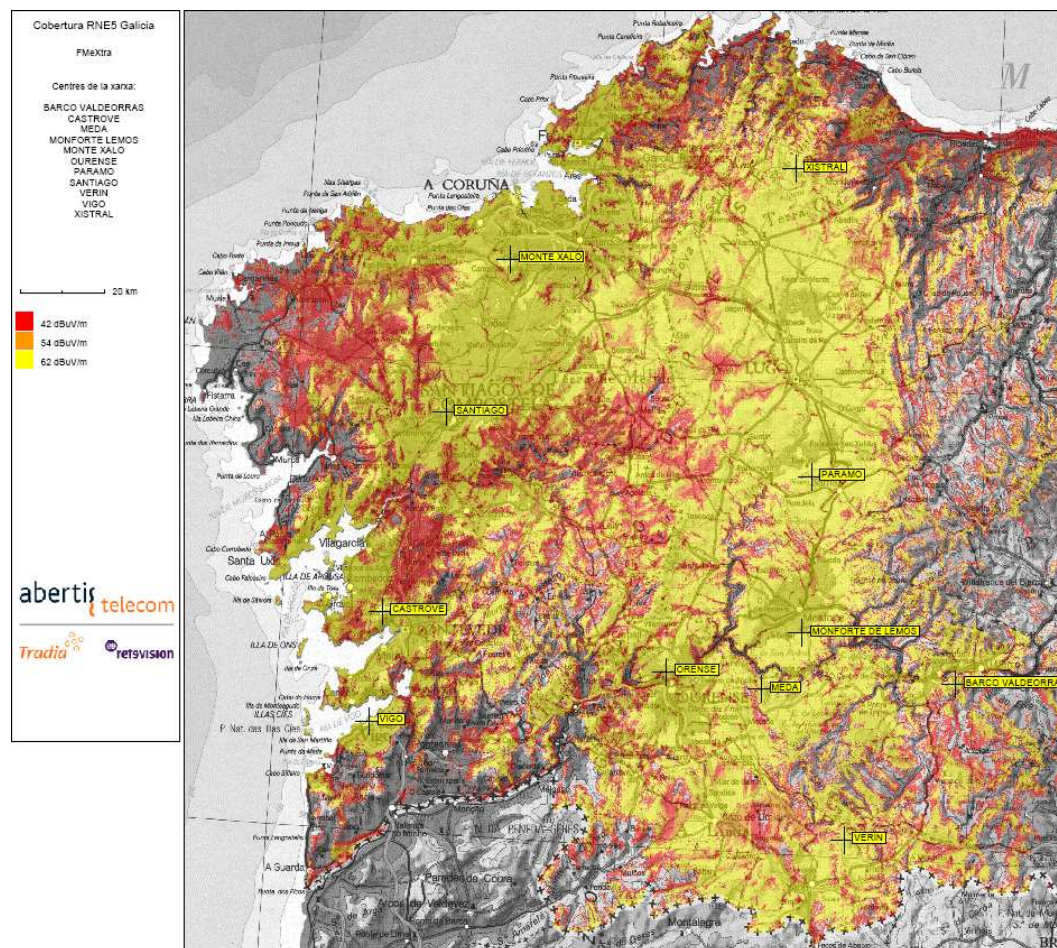


Fig. 4.11. Simulació de cobertura de la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb FMeXtra

4.2.1.4. Cobertura Best Server FMeXtra

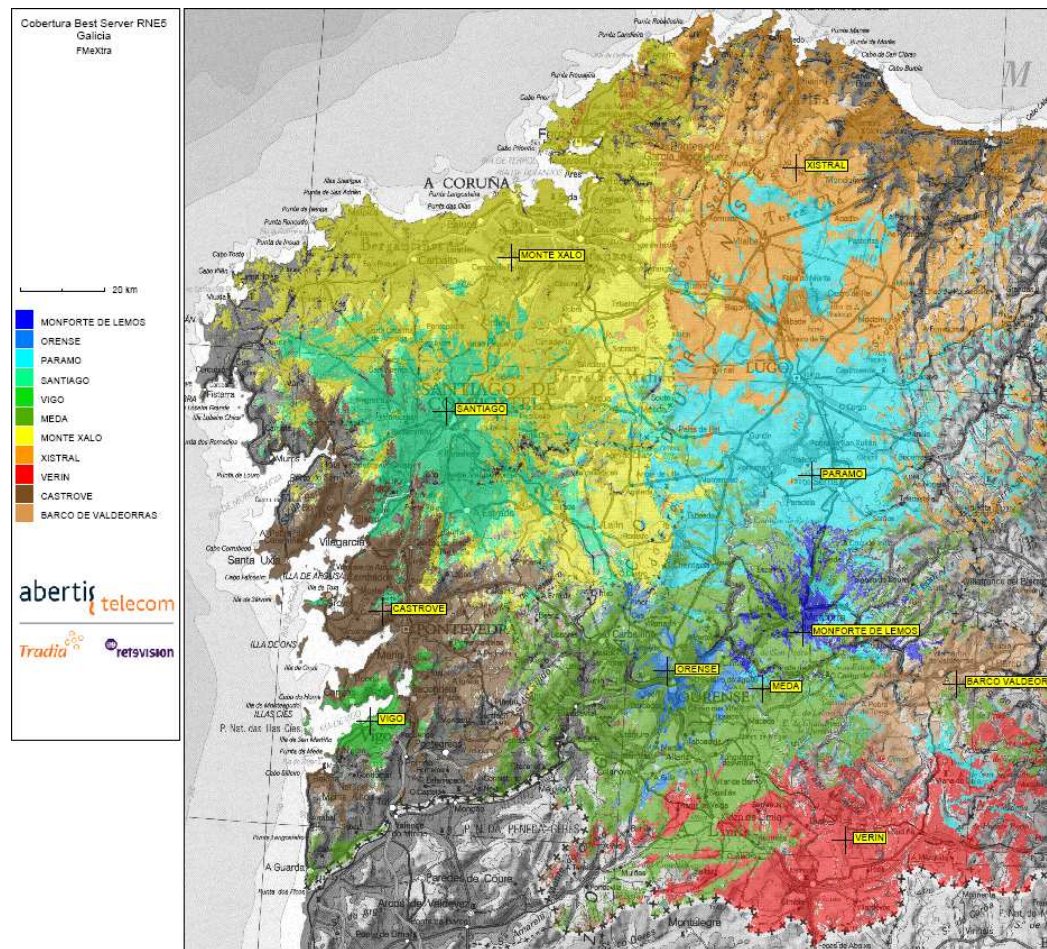


Fig. 4.12. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa FM de RNE5 a Galícia amb FMeXtra

4.2.2. Estacions AM

4.2.2.1. Cobertura AM actual

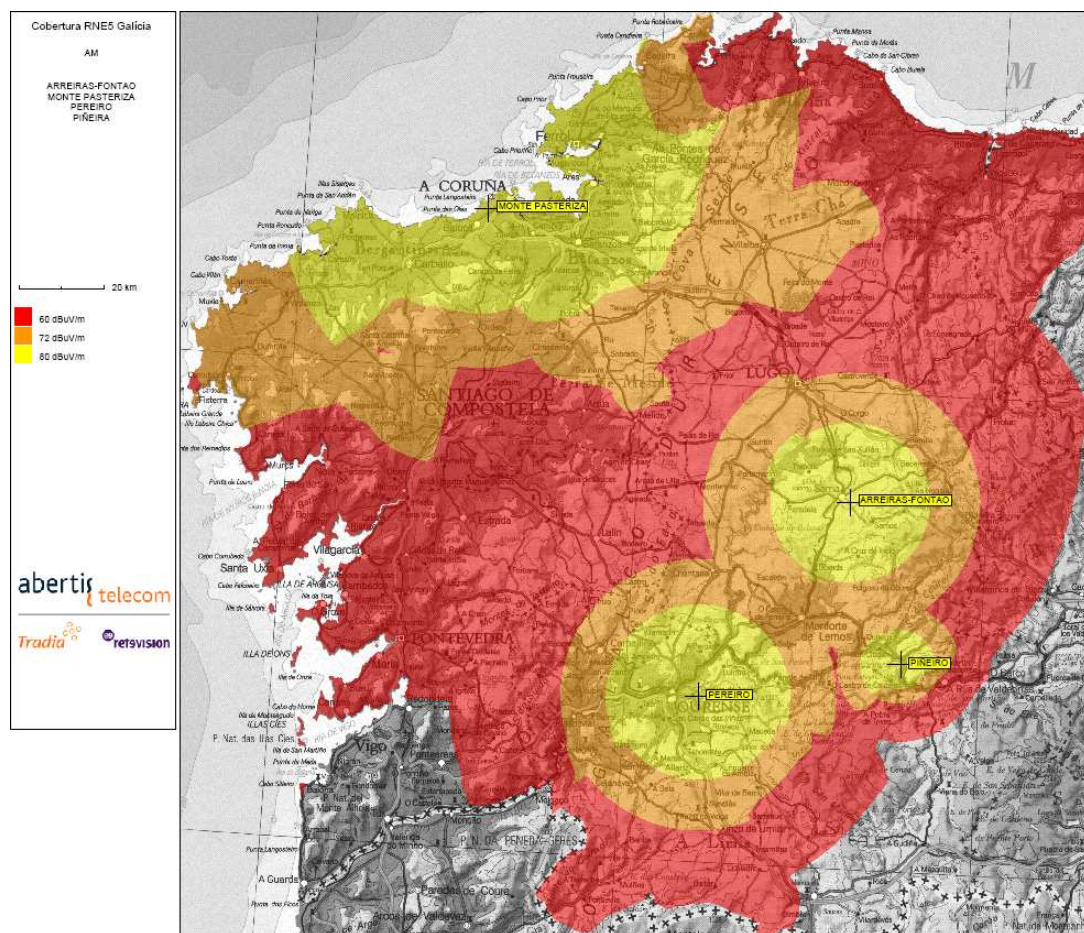


Fig. 4.13. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 a Galícia

4.2.2.2. Cobertura Best Server AM

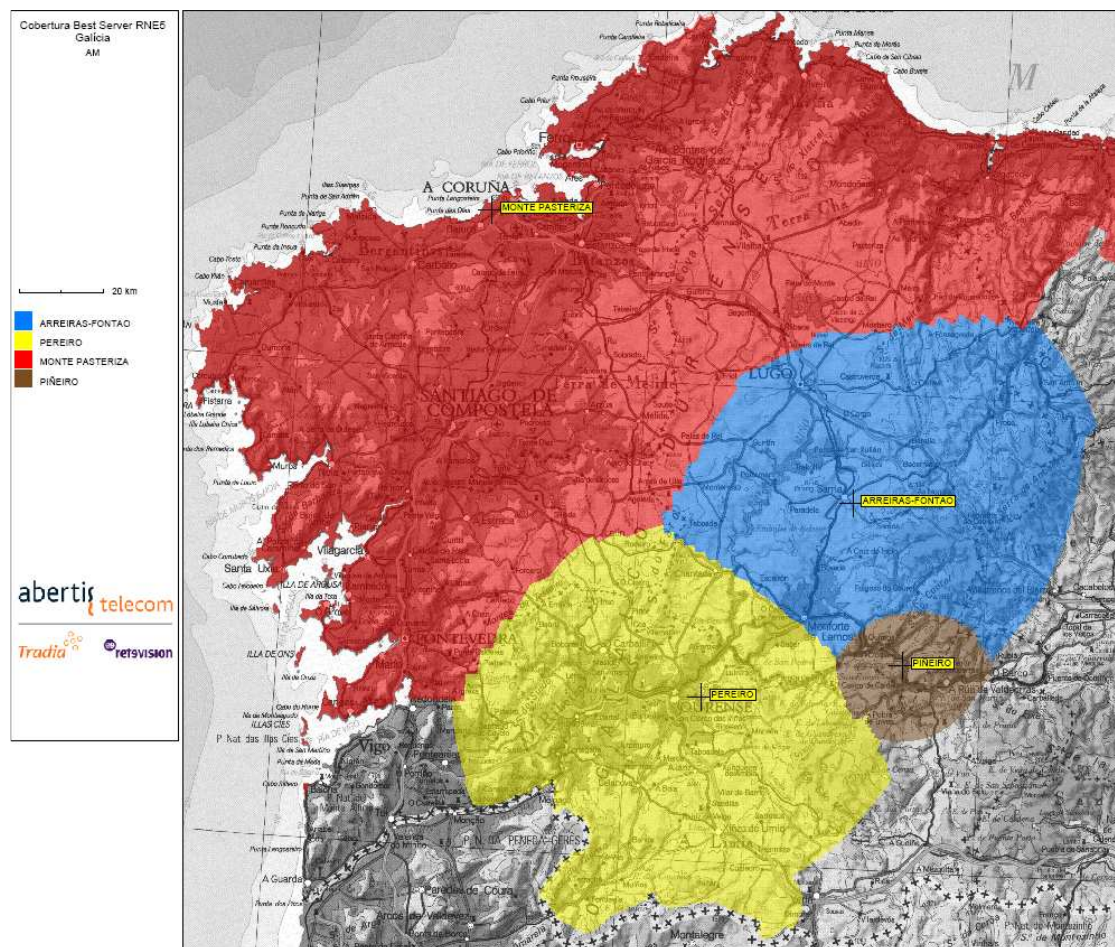


Fig. 4.14. Simulació de cobertura Best Server de la xarxa AM de RNE5 a Galícia

4.2.2.3. Cobertura DRM

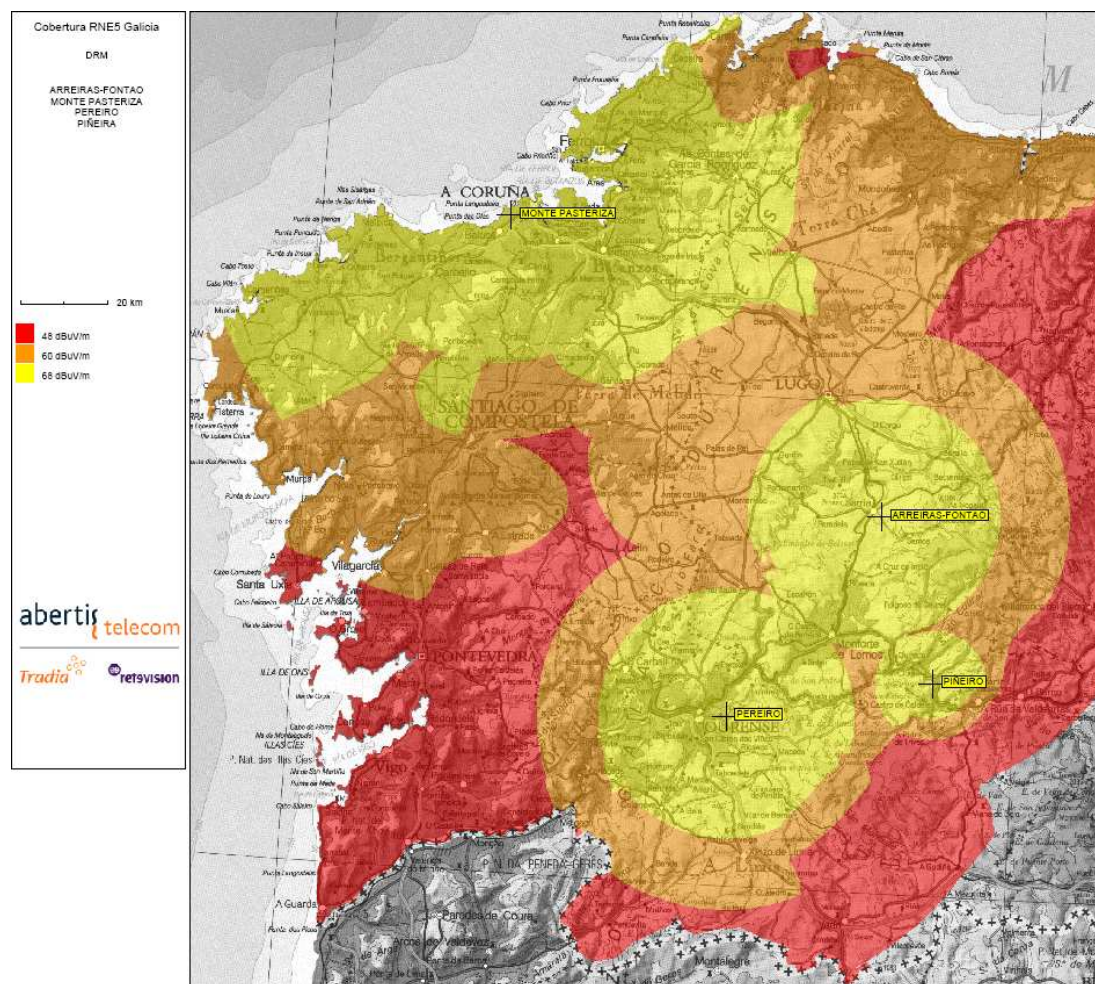


Fig. 4.15. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE5 a Galícia amb DRM

4.2.2.4. Cobertura Best Server DRM

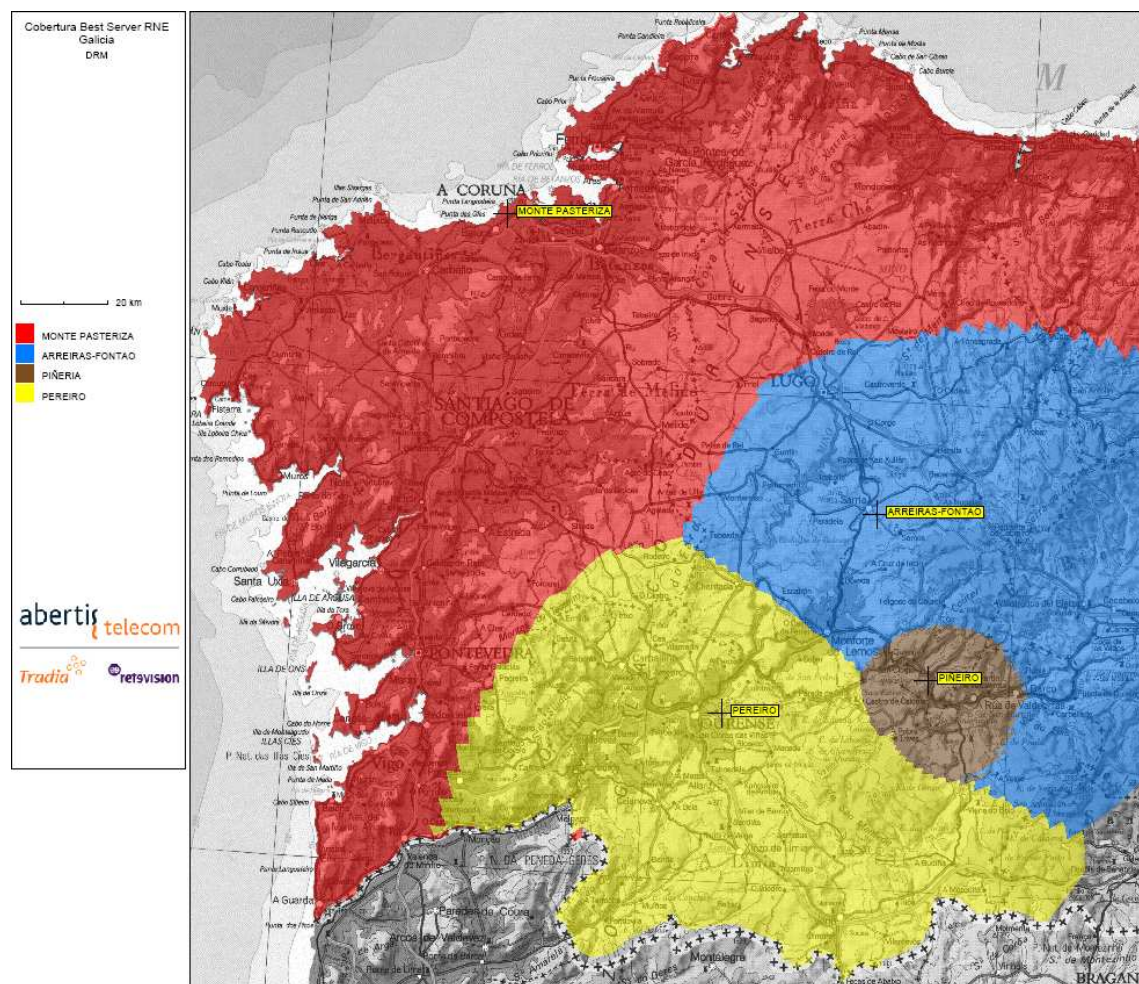


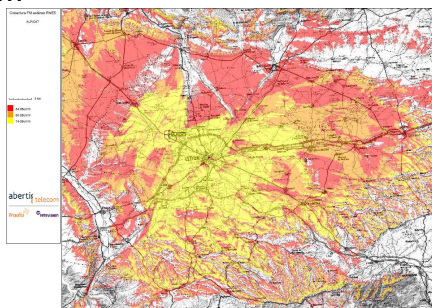
Fig. 4.16. Simulació de cobertura de la xarxa AM de RNE a Galícia amb DRM

ANNEX 5. SIMULACIONS DE COBERTURA INDIVIDUALS

5.1. Catalunya

5.1.1. FM estèreo i FMexTra

FM



FMexTra

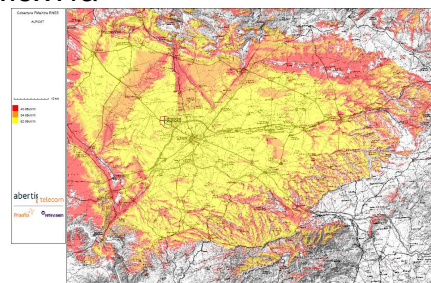
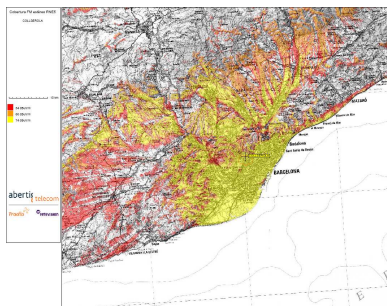


Fig. 5.1. Cobertures d'ALPICAT

FM



FMexTra

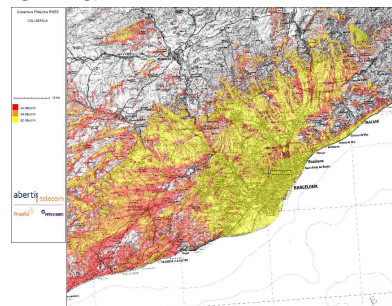
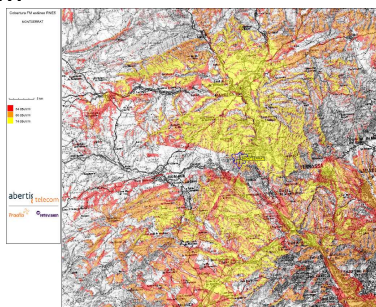
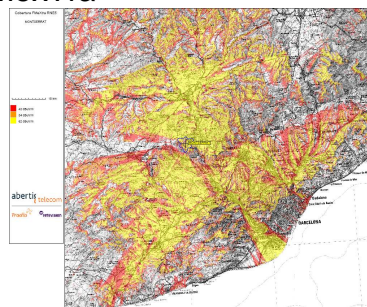


Fig. 5.2. Cobertures COLLSEOLA

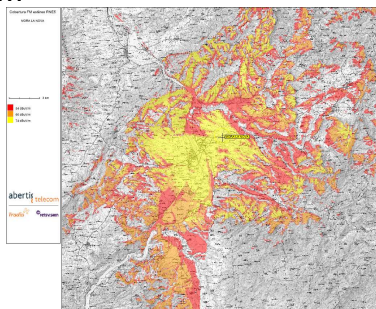
FM



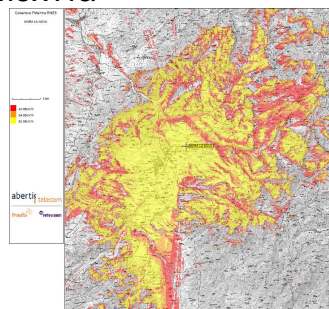
FMexTra

**Fig. 5.3. Cobertures MONTSERRAT**

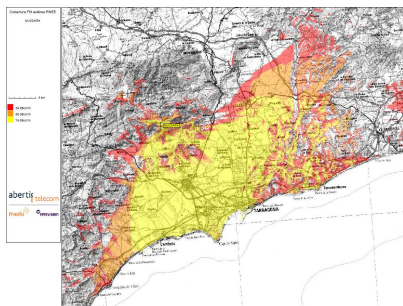
FM



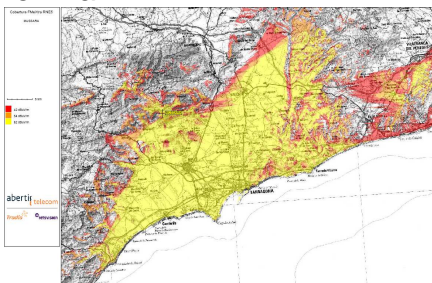
FMexTra

**Fig. 5.4. Cobertures MORA LA NOVA**

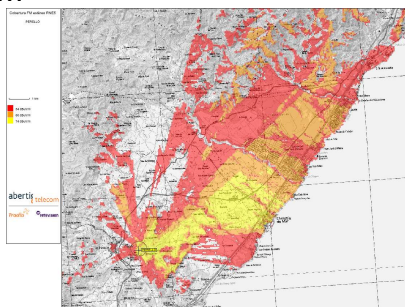
FM



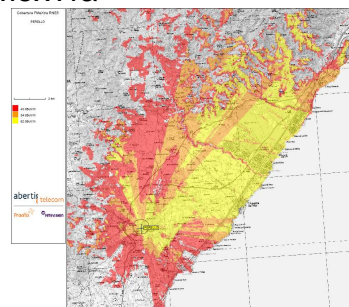
FMexTra

**Fig. 5.5. Cobertures MUSSARA**

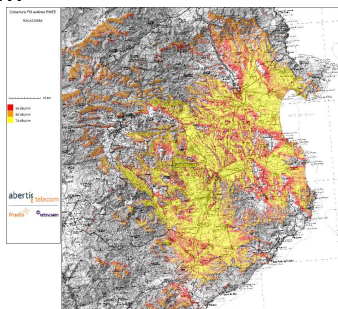
FM



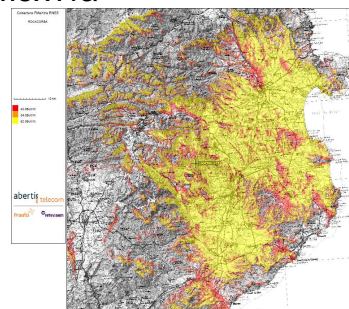
FMexTra

**Fig. 5.6. Cobertures PERELLÓ**

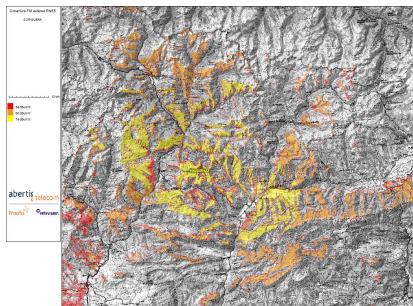
FM



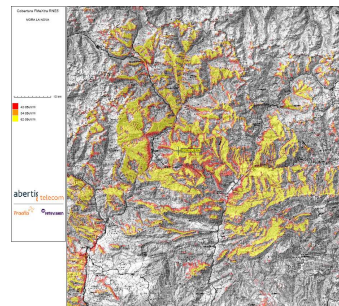
FMexTra

**Fig. 5.7. Cobertures ROCACORBA**

FM



FMexTra

**Fig. 5.8. Cobertures SORIGUERA**

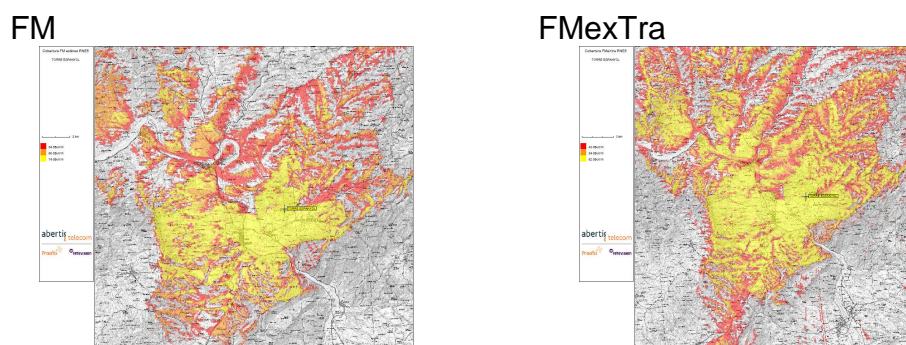


Fig. 5.9. Cobertures TORRE ESPANYOL

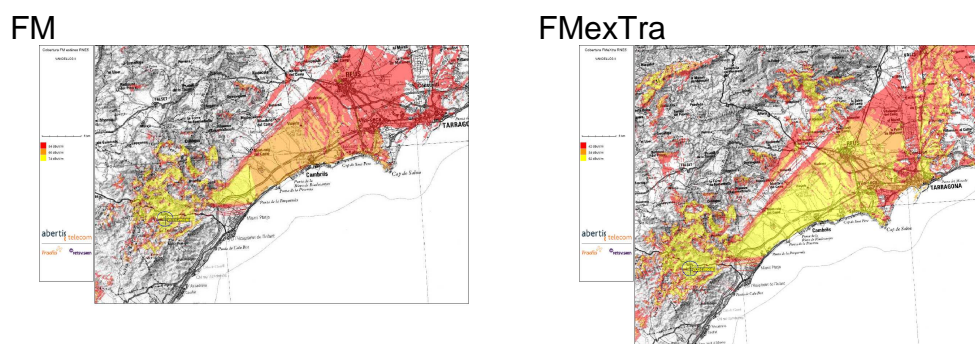


Fig. 5.10. Cobertures VANDELLOS

5.1.2. AM i DRM

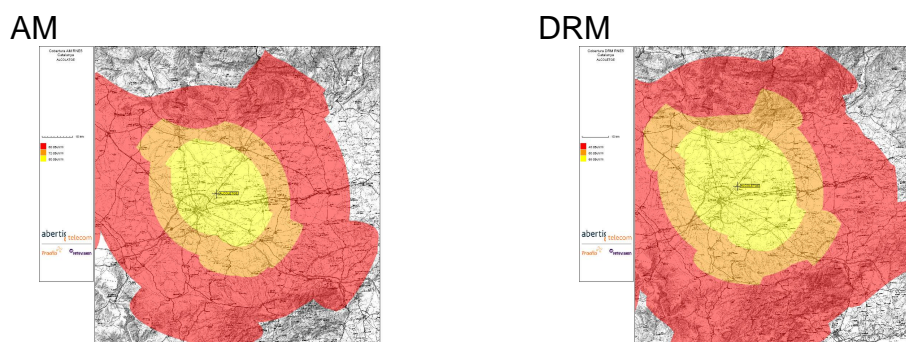
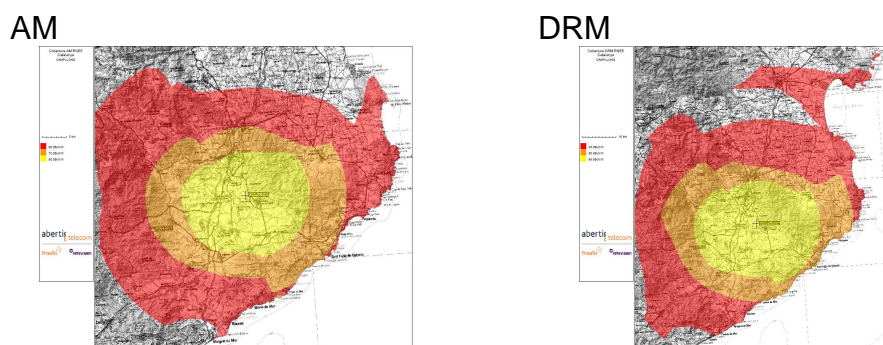
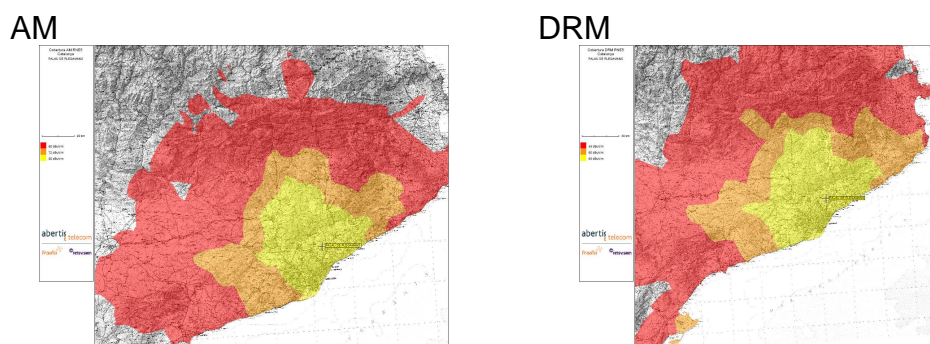
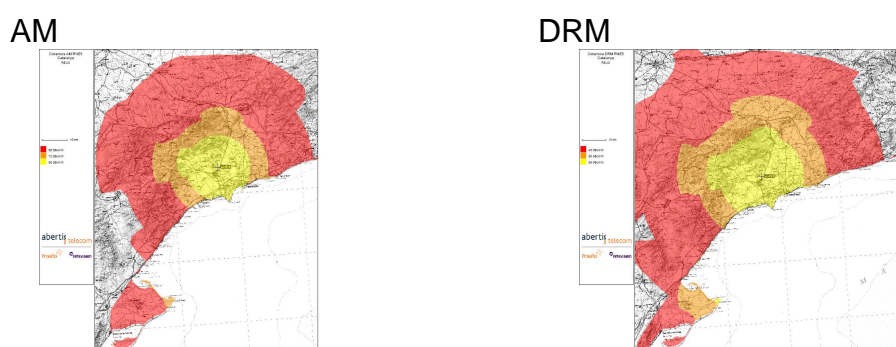


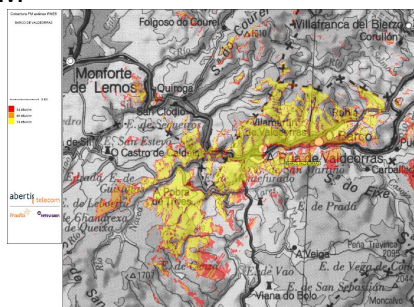
Fig. 5.11. Cobertures ALCOLATGE

**Fig. 5.12.** Cobertures CAMPLLONG**Fig. 5.13.** Cobertures PALAU DE PLEGAMANS**Fig. 5.14.** Cobertures REUS

5.2. Galícia

5.2.1. FM estèreo i FMexTra

FM



FMexTra

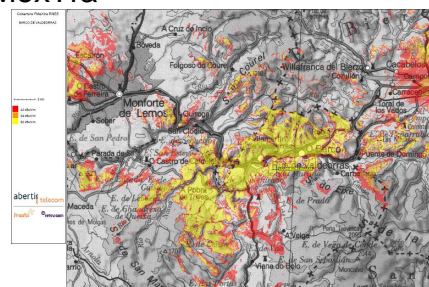
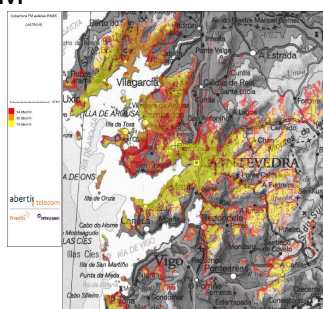


Fig. 5.15. Cobertures BARCO DE VALDEORRAS

FM



FMexTra

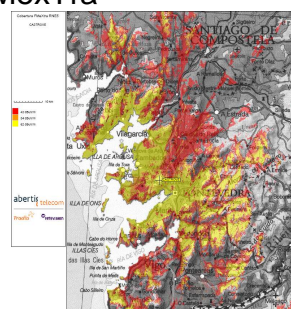
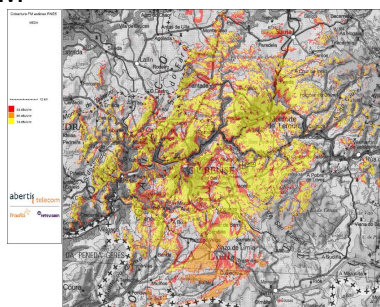


Fig. 5.16. Cobertures CASTROVE

FM



FMexTra

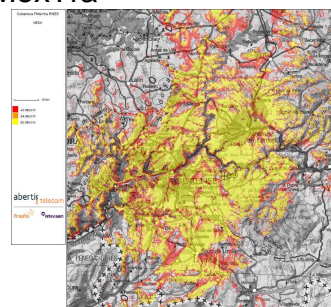
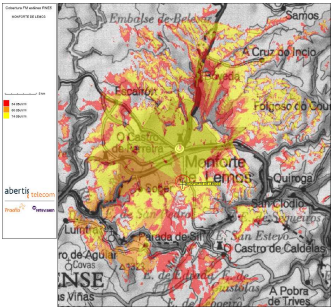


Fig. 5.17. Cobertures MEDA

FM



FMexTra

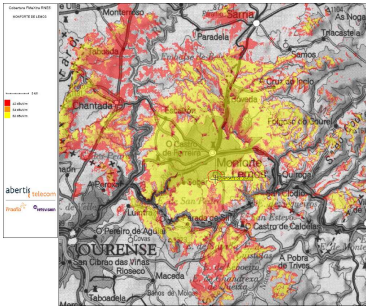
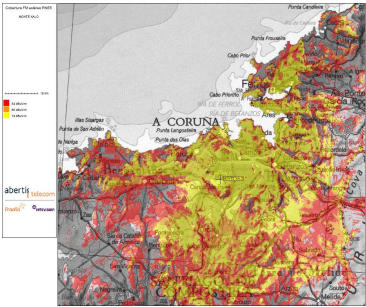


Fig. 5.18. Cobertures MONFORTE DE LEMOS

FM



FMexTra

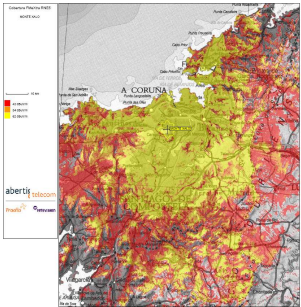
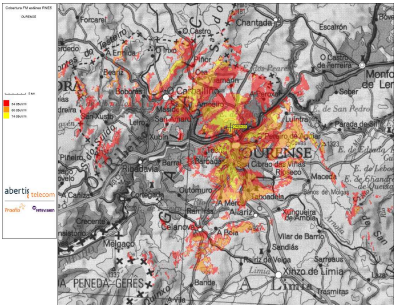


Fig. 5.19. Cobertures MONTE XALO

FM



FMexTra

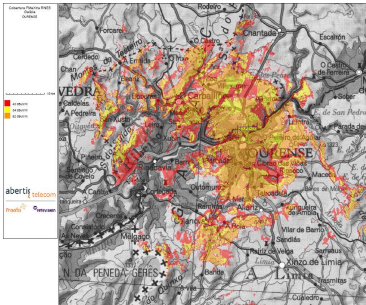
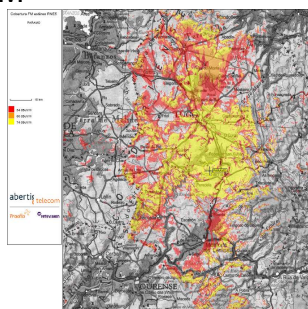


Fig. 5.20. Cobertures OURENSE

FM



FMexTra

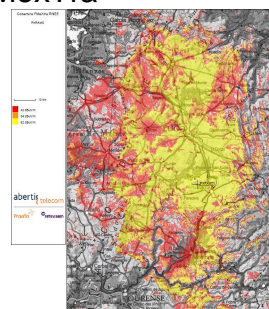
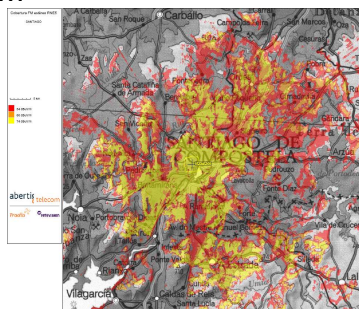


Fig. 5.21. Cobertures PARAMO

FM



FMexTra

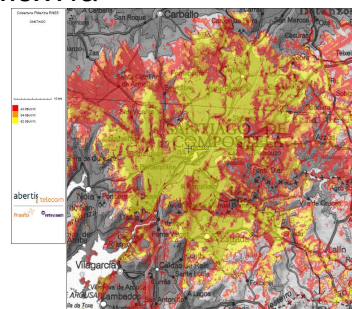
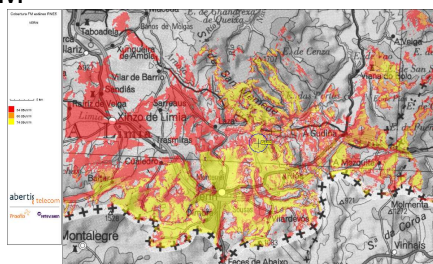


Fig. 5.22. Cobertures SANTIAGO

FM



FMexTra

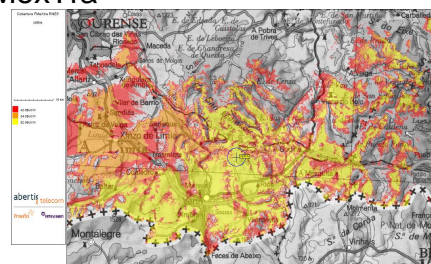
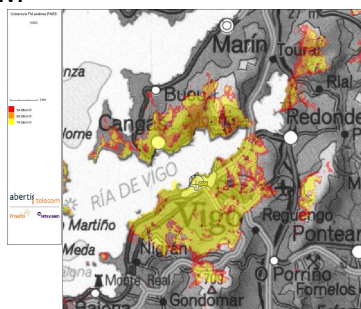


Fig. 5.23. Cobertures VERIN

FM



FMexTra

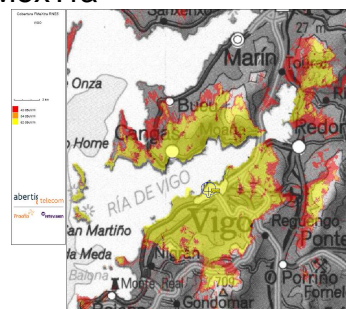
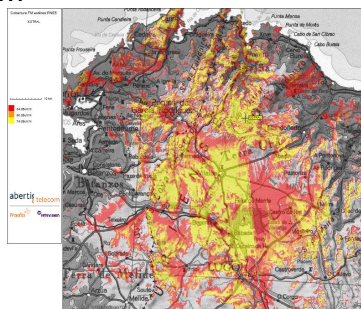


Fig. 5.24. Cobertures VIGO

FM



FMexTra

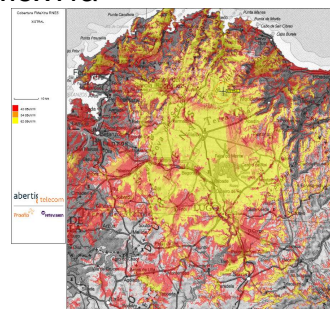
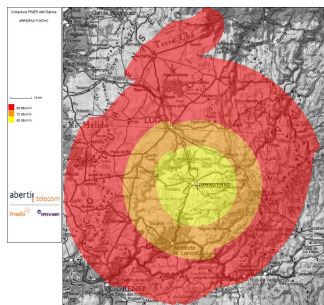


Fig. 5.25. Cobertures XISTRAL

5.2.2. AM i DRM

AM



DRM

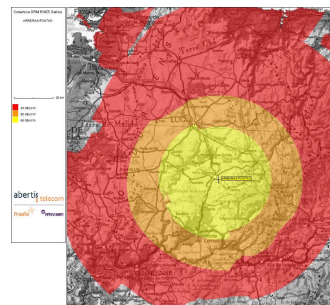


Fig. 5.26. Cobertures ARREIRAS FONTAO

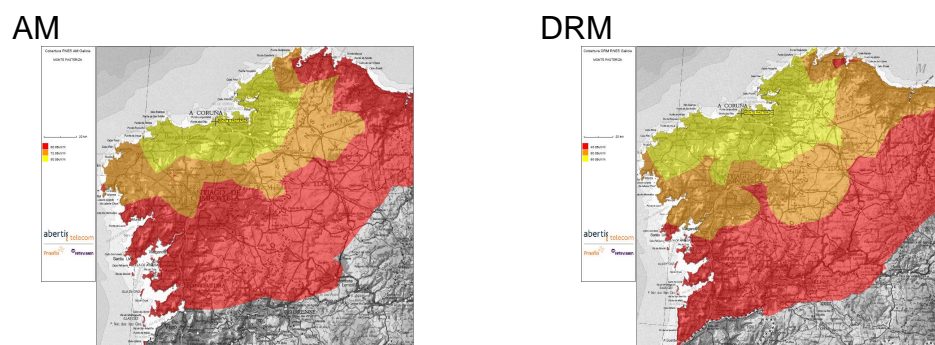


Fig. 5.27. Cobertures MONTE PASTERIZA

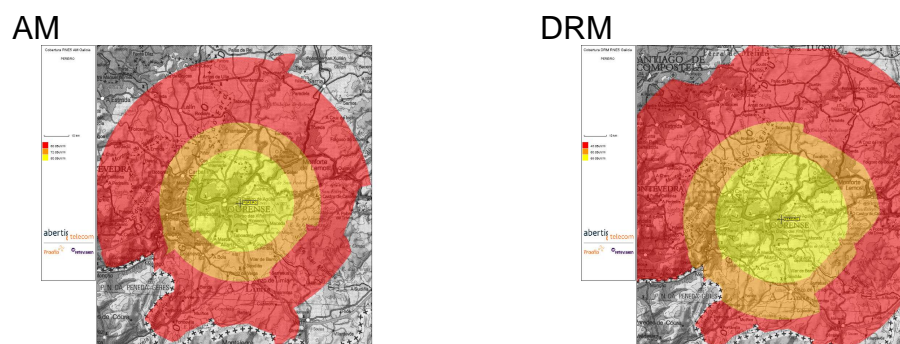


Fig. 5.28. Cobertures PEREIRO

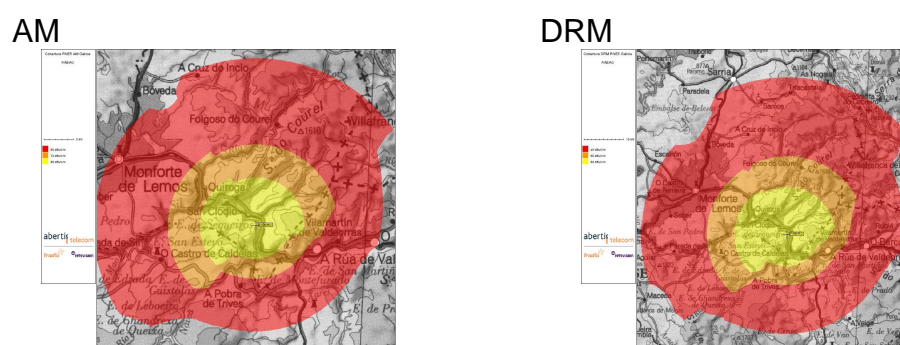


Fig. 5.29. Cobertures PIÑEIRA

ANNEX 6. MODELS DE CONDUCTIVITAT

Els models de conductivitat segons la recomanació ITU-R 832-2 de les zones de Catalunya i Galícia són els que es mostren a continuació.

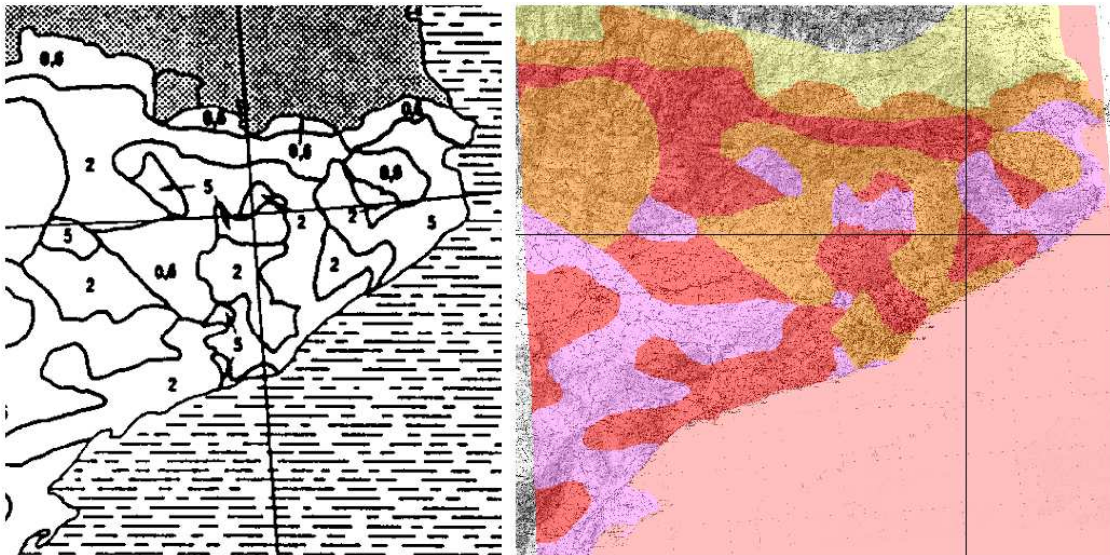


Fig. 6.1. A l'esquerra, definició per part de la ITU de l'Atlas de conductivitat de Catalunya segons la recomanació **ITU-R 832**, i a la dreta el *clutter* de conductivitat generat amb el programa **ICS Maps**.

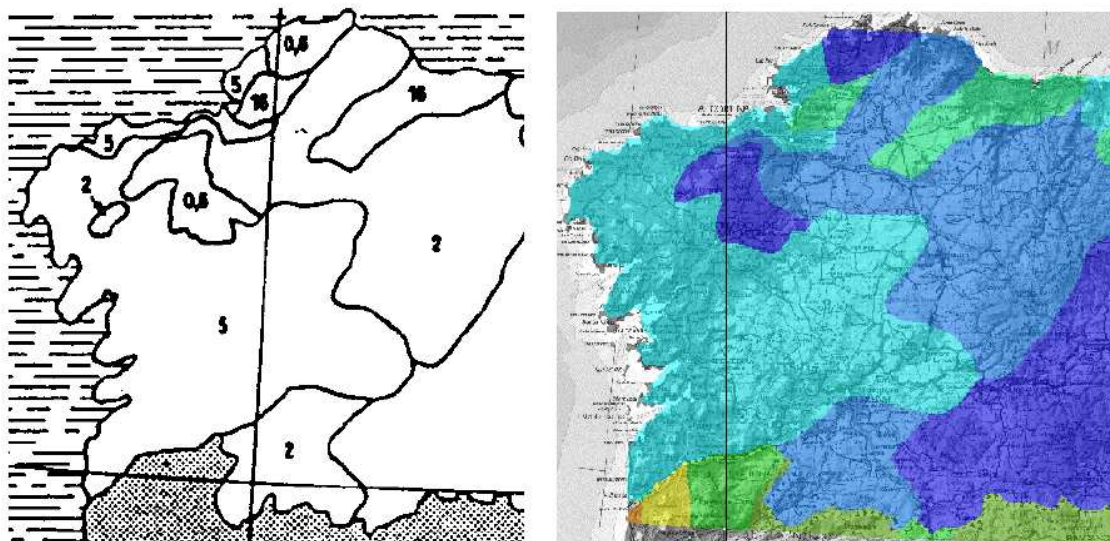


Fig. 6.2. A l'esquerra, definició per part de la ITU de l'Atlas de conductivitat de Galícia segons la recomanació **ITU-R 832**, i a la dreta el *clutter* de conductivitat generat amb el programa **ICS Maps**.

ANNEX 7. ESPECIFICACIONS EQUIPAMENT TRANSMISSOR

S'adjunta la informació dels equips de DRM i FMeXtra que es proposa comprar.

7.1. FMeXtra

FMeXtra manual

TECHNICAL SPECIFICATIONS

FMeXtra X1 Encoder

MULTI-CHANNEL DIGITAL PROGRAMMING FM SUBCARRIER SYSTEM
Internal Sub Carrier Generator

Characteristics:

External Connector: BNC-F (analog)
Bandwidth: user selectable partitions, software-controlled.
Injection: User-selectable, software controlled
Analog Output voltage: 15Vpp maximum, 10Vpp usable
Analog Load Impedance: 600 or 10K ohm

Internal Digital Audio Compression:

Algorithms: AAC, aacPlus™ and aacPlus™ v2 from Coding Technologies™
Bit rates: 8-384 kbit/sec™
Channels: mono, stereo, parametric stereo, dual mono, surround (2.2, 4, 5, 5.1, 6.1, 7.1)
Sample frequencies: 8, 12, 16, 22.05, 24, 32, 44.1, 48, 64, 88.2, 96 kHz**

**not all combinations of bit rates and sample frequencies are possible

Server Characteristics***:

Chassis: 2 U rack height (3.46"H x 19.0"W x 17.0"D with bezel), 18 lbs
Processor: (88mmH x 482mmW x 450mmD), 10.2Kg
Memory: 2.4GHz Intel Core2Duo, 4MB Cache, 800MHz FSB
Graphics: 1GBMB DDRII-800MHz
Slots: on-board
Operating Systems: 2 PCI (none available for end-user use)
Internal Storage: Windows XP Professional
320GB 7.2K SATA HDD
S2X CD-ROM optional
Network Interface: on-board dual Gigabit NICs
Ports: Front: — 2 USB Ports, 1 keyboard
Rear: PS/2—1 mouse, 1 keyboard, VGA connector, 9pin serial connector, 4x USB, NICI connector, BNC subcarrier output, PortB - 26 pin XLR cable connector
Power Supply: 1x500W (non-redundant), 110/220V auto-ranging
Operating Temperature: 0° C to 40° C
Operating Altitude: -15 m to 3 km
Compliance: CE compliant, UL/ cUL approved
Operating Humidity: 10% to 85% (non-condensing), gradient: 10% per hour

*** specifications of PC can differ

Internal Digital Audio Interface:

Lynx Studio Technology AES16-ORC 24-bit, 192kHz Multichannel AES/EBU interface
up to 8 usable channels of AES3 input with transparent sample rate conversion
includes 8 channel XLR cable (Lynx part #CBL-AES1604)

External Audio Compression Streaming Interface

RTSP/RTP MPEG-4 HE AAC client (e.g. Orban Opticodec-PC)
using internet streaming standards RFC 2326 and RFC 3016



7.2. HARRIS



AM Radio Solutions

DAX-1/3 1 or 3kW AM/IBOC Transmitter



The Harris DAX-1/1R and DAX-3 are part of a dynamic family of 1-6kW AM transmitters designed from the ground up to provide superior IBOC and analog performance. DAX's exceptional linearity and bandwidth will not only deliver the cleanest analog sound in this power range, but also the most accurate reproduction of digital radio signals. Accurate digital signal reproduction with low bit error rate is essential to maximizing digital coverage.

With DAX, Harris — the company that has pioneered every AM modulation standard in use today — introduces a brand new high-efficiency/high-performance modulation technique. Called Digital Adaptive Modulation, this new modulation technology uses a digitally generated AM waveform with DSP based adaptive correction to give the user a high performance transmitter in a cost effective platform. Digital Adaptive Modulation samples the modulated output and dynamically corrects for non-linearity. The result is the cleanest, purest analog or digital (DRM™ or HD Radio™) signal in this power level.

Features And Benefits:

- Ready for Digital – NOW – not a modified design.
- 50 kHz broadband modulator for exceptional linearity
- Lightweight, UPS-shippable main chassis
- Compact, rack-mount design (only 1.6 RU)
- Hot-spare redundancy at 1 kW (DAX-1R only)
- Extensive diagnostics and fault reporting
- Unsurpassed factory support – 24/7

Options:

- Adjustable Output Matching Network
- Spare Parts Kits
- Factory Training



DAX-1/3 Specifications**General**

Type of Modulation:	Harris Digital Adaptive Modulation (Patent pending).
Transmitter Type:	Medium Wave, 100% solid state.
Power Output Range:	DAX-1: 5w-1.15 kW. DAX-3: 15w-3.4 kW. Five adjustable power levels are provided.
Frequency Range:	529 kHz to 1705 kHz. Supplied, tuned, and tested on one frequency as specified. Direct, digital, synthesized (DDS) in 1 kHz steps.
AC Mains Input:	Standard: Single phase 220-240VAC, 50/60 Hz.
Power Supply Variation:	±5% voltage, ±3 Hz frequency for full performance. +10/-15% voltage transmitter operational.
Output Power Regulation:	Less than 1% for all power line voltage variations.
Transient Protection:	Meets ANSI/IEEE C62.41-1980 requirements; includes high energy MOVs.
Frequency Stability:	±2 PPM over frequency range and temperature range 0 to 50° C. Higher stability available with external 10 MHz reference. Optional internal precision frequency reference.
Audio Input:	-10 to +10 dBm, adjustable transformerless input; 600 and 10k terminations provided.
Dedicated Digital (IBOC/DRM) Input:	Magnitude: -10 to +10 dBm; Phase: 2V-20V P-P, remote switchable.
RF Output:	DAX-1: Type "N". DAX-3: 7/8" BIA flange, bullet provided.
RF Load:	50 ohms, load, unbalanced, resistive.
VSWR:	1.3:1 for full rated power, no tuning required.
Cabinet & Harmonic /Spurious Radiation:	Meets or exceeds FCC, IC, and other world standards.
Overall AC to RF Efficiency:	73% or better at rated power output (0 to 100% sinusoidal modulation); 77% typical.
Metering:	9 Parameters from front panel. Additional diagnostics and metering through serial interface.
Monitoring and Control:	Parallel and serial (VT100) interface.

Audio Performance

Audio Frequency Response:	+0.2/-0.8 dB at 90% or 95% modulation, 30 Hz to 10 kHz. Reference: 1 kHz. No audio filter required.
Total Harmonic Distortion+Noise:	90% or 95% modulation, 30 Hz to 10 kHz, 1 kW (DAX-1), 3 kW (DAX-3): 0.7% or less; 0.15% typical. 10% of rated power: 1.25% or less.
Intermodulation Distortion:	1% or less 1:1, 60/7000 Hz; SMPTE at 95% modulation. 1.5% or less 4:1.
Transient Intermodulation Distortion:	0.6% or less at 85% modulation, 2.95/8.0 kHz, 4:1. 30 kHz bandwidth.

COF Intermodulation Distortion:	0.2% or less, 1:1 80/5000, 85% modulation.
Squarewave Overshoot:	1% or less, 400 Hz, 70% modulation. No linear phase filter required, rise time limited to 50 fs or less.
Squarewave Tilt:	0.5% or less at 40 Hz, 70% modulation.
Carrier Shift:	Less than 1% at 95% modulation at 1 kHz.
Hum and Noise:	-60 dB or better below 100% modulation (unweighted).
Incidental Quadrature Modulation:	-38 dB at 1 kHz, 95% modulation; -45 dB typical.
Positive Peak Capability:	+145% or greater at 1 kW (DAX-1), 3 kW (DAX-3) audio program modulation, at ±5% mains voltage.
Duty Cycle:	Continuous 100% modulated sine wave at rated power.

IBOC/DRM Compatibility

Audio Frequency Response:	+0.2/-1.2 dB, 30 Hz to 15 kHz, 90% or 95% modulation, ref 1 kHz.
Audio Total Harmonic Distortion (THD+N):	0.8% or less, 30 Hz to 15 kHz, 90% or 95% modulation.
Group Delay Variation:	±3 µs, 200 Hz-15 kHz, ref 1 kHz at 90% or 95% modulation.
J3E Linearity Test:	(Single Sideband suppressed carrier) -50 dB, 4/5 kHz equal amplitude tones. -50 dB, 4/5 kHz 5 kHz -1 dB relative to 4 kHz. -65 dB, 5/8 kHz 8 kHz -30 dB relative to 5 kHz.

Service Conditions

Power Consumption:	DAX-1 (DAX-3): 1.3 kW (3.9 kW) or less typical at 1 kW (3 kW), 0% modulation; 2.0 kW (5.8 kW) or less typical at 1 kW (3 kW), 100% tone modulation.
Ambient Temperature:	0° C to 50° C; derate 2° C per 1,000 feet (305 meters) of altitude.
Humidity Range:	0 to 95% non-condensing.
Altitude:	Up to 13,000 feet (3962 meters).
Size:	(Rack Mount Chassis): 16 RU, 28"H x 19"W x 22.75"D (71 cm x 48 cm x 58 cm)
Size:	(Power Supply Transformer): 16" x 16" x 16" NEMA enclosure.
Weight:	(Rack Mount Chassis): DAX-1: 100 lbs (45 kg) DAX-3: 104 lbs (47 kg).
Weight:	(Power Supply Transformer): DAX-1: 97 lb (44 kg) DAX-3: 162 lbs (74 kg).

NOTES:

1. All measurements made into test load at rated power, unless otherwise indicated, with adaptive correction circuits enabled.
2. Noise may degrade if AC lines are unbalanced.
3. Audio performance measurements made with standard audio input, no special filters required to obtain these specifications.



Specifications are subject to change. For a complete listing of the most current specifications, please visit our website at www.broadcast.harris.com.



Broadcast Communications Division | 4393 Digital Way | Mason, OH USA 45040
phone: +1 513-459-3400 | email: broadcast@harris.com | www.broadcast.harris.com

Trademarks and tradenames are the property of their respective companies.

Copyright © 2004 Harris Corporation

Printed in USA on Recyclable Paper HMC 15860 ADV. 3038 3/04

**AM Radio Solutions****DAX-5/6**
5 or 6kW AM/IBOC
Transmitter

The Harris DAX-5/6 is the first in a dynamic family of 1-6kW AM transmitters designed from the ground up to provide superior IBOC and analog performance. DAX's exceptional linearity and bandwidth will not only deliver the cleanest analog sound in this power range, but also the most accurate reproduction of digital radio signals. Accurate digital signal reproduction with low bit error rate is essential to maximizing digital coverage.

With DAX, Harris — the company that has pioneered every AM modulation standard in use today — introduces a brand new high-efficiency/high-performance modulation technique. Called Digital Adaptive Modulation, this new modulation technology uses a digitally generated AM waveform with DSP based adaptive correction to give the user a high performance transmitter in a cost effective platform. Digital Adaptive Modulation constantly samples the modulated output and dynamically corrects for non-linearity. The result is the cleanest, purest analog or digital (DRM™ or HD Radio™) signal in this power level.

When you combine Digital Adaptive Modulation with redundant "hot-swappable" RF modules, and a number of proprietary features, the result is irresistible: unmatched performance, reliability and cost-effectiveness today plus a "plug-and-play" migration path to digital — all at a competitive price.



DAX-5/6 Specifications**General**

Type of Modulation	Harris Digital Adaptive Modulation (Patent pending).
Transmitter Type	Medium Wave, 100% solid state.
Power Output Range	DAX-5: 25w-5.75 kW. DAX-6: 25w-7.0 kW. Five adjustable power levels are provided.
Frequency Range	529 kHz to 1705 kHz. Supplied, tuned, and tested on one frequency as specified. Direct, digital, synthesized (DDS) in 1 kHz steps.
AC Mains Input	Standard: 3-phase 197-251VAC. Optional: 3-phase 380-415VAC. Single phase 220-240VAC, 50/60 Hz.
Power Supply Variation	+5% voltage, +3 Hz frequency for full performance. +10/-15% voltage transmitter operational.
Output Power Regulation	Less than 1% for all power line voltage variations.
Transient Protection	Meets ANSI/IEEE C62.41-1980 requirements; includes high energy MOVs.
Frequency Stability	±2 FPM over frequency range and temperature range 0 to 50° C. Higher stability available with external 10 MHz reference. Optional internal precision frequency reference.
Audio Input	-10 to +10 dBm, adjustable transformerless input; 600 and 10k terminators provided.
Dedicated Digital (IBOC/DRM) Input	Magnitude: -10 to +10 dBm; Phase: 2V-20V P-P, remote switchable.
RF Output	7/8" EIA flange, bullet provided.
RF Load	50 ohms, fixed, unbalanced, resistive.
VSWR	1.3:1 for full rated power, no tuning required.
Cabinet & Harmonic /Spurious Radiation	Meets or exceeds FCC, IC, and other world standards.
Overall AC to RF Efficiency	77% or better at rated power output (0 to 100% sinusoidal modulation). 82% typical.
Metering	9 Parameters from front panel. Additional diagnostics and metering through serial interface.
Monitoring and Control	Parallel and serial (VT100) interface.

Audio Performance

Audio Frequency Response	+0.2/-0.8 dB at 90% or 95% modulation, 30 Hz to 10 kHz. Reference: 1 kHz. No audio filter required.
Total Harmonic Distortion+Noise	90% or 95% modulation, 30 Hz to 10 kHz, 5 kW (DAX-5), 6 kW (DAX-6): 0.7% or less; 0.15% typical. 2.25 kW: 0.8% or less. 1.25 kW: 1.0% or less. 500 w: 1.25% or less.
Intermodulation Distortion	1% or less 1:1, 60/7000 Hz; SMPTE at 95% modulation. 1.5% or less 4:1.

Transient Intermodulation Distortion	0.6% or less at 85% modulation, 2.96/8.0 kHz, 4:1, 30 kHz bandwidth.
CCIF Intermodulation Distortion	0.2% or less, 1:1 80/5000, 85% modulation.
Squarewave Overshoot	1% or less, 400 Hz, 70% modulation. (No linear phase filter required).
Squarewave Tilt	0.5% or less at 40 Hz, 70% modulation.
Carrier Shift	Less than 1% at 95% modulation at 1 kHz.
Hum and Noise	-60 dB or better below 100% modulation (unweighted).
Incidental Quadrature Modulation	-38 dB at 1 kHz, 95% modulation; -45 dB typical.
Positive Peak Capability	+145% or greater at 5 kW (DAX-5), 6 kW (DAX-6) audio program modulation, at ±5% mains voltage.
Duty Cycle	Continuous 100% modulated sine wave at rated power.

IBOC/DRM Compatibility

Audio Frequency Response	+0.2/-1.2 dB, 30 Hz to 15 kHz, 90% or 95% modulation, ref 1 kHz.
Audio Total Harmonic Distortion (THD+N)	0.8% or less, 30 Hz to 15 kHz, 90% or 95% modulation.
Group Delay Variation	±3 µs, 200 Hz-15 kHz, ref 1 kHz at 90% or 95% modulation.
J3E Linearity Test	(Single Sideband suppressed carrier) -50 dB, 4/5 kHz equal amplitude tones. -50 dB, 4/5 kHz 5 kHz -1 dB relative to 4 kHz. -65 dB, 5/8 kHz 8 kHz -30 dB relative to 5 kHz.

Service Conditions

Power Consumption	DAX-5 (DAX-6): 6.1 kW (7.3 kW) or less typical at 5 kW (6 kW), 0% modulation; 9.1 kW (11.0 kW) or less typical at 5 kW (6 kW), 100% tone modulation.
Ambient Temperature	0 to 50° C; derate 2° C per 1,000 feet (305 meters) of altitude.
Humidity Range	0 to 95% non-condensing.
Altitude	Up to 13,000 feet (3962 meters).
Size	183 cm H x 59 cm W x 86 cm D (72" H x 23.2" W x 34" D)
Weight	329 KG (725 lbs.)

Notes:

1. All measurements made into test load at rated power, unless otherwise indicated, with adaptive correction circuits enabled.
2. Noise may degrade if AC lines are unbalanced.
3. Audio performance measurements made with standard audio input, no special filters required to obtain these specifications.



Specifications are subject to change. For a complete listing of the most current specifications, please visit our website at www.broadcast.harris.com.



Broadcast Communications Division | 4393 Digital Way | Mason, OH USA 45040
phone: +1 513-459-3400 | email: broadcast@harris.com | www.broadcast.harris.com

Trademarks and tradenames are the property of their respective companies.
Copyright © 2003 Harris Corporation
Printed in USA on Recyclable Paper HMC 15457 ADV, 1125 0/03



Radio Systems Products

3DX-25

25 kW Digital Solid

State AM Transmitter

The "Gold Standard" for AM medium wave modulation performance and reliability is now available at 25 kW. 3DX-25 follows the very successful launch of the first 3DX-50 in 2001. Offering unsurpassed signal linearity needed for today's digital transmission modes, 3DX-25 is unmatched in analog and digital performance, efficiency, and reliability.

Features/Benefits

Direct Digital Drive: Each power amplifier module is driven directly by a low-level signal, eliminating the RF driver section. This enhancement improves efficiency and reduces complexity.

Auto-Servicability: 3DX technology makes the 3DX-25 virtually auto-servicing. Digital Serial Adaptive Modulation (DSAM) continuously monitors each serial modulation encoder and RF power amplifier and makes automatic module reassignments should any difficulty occur. Several modules can be out of service without affecting transmitter output power, signal accuracy, or normal modulation capability. Your transmitter keeps running until you are ready to perform maintenance.

Intelligent User Interface: 3DX-25 is designed for ease of operation through Intellistat™, the diagnostic user interface. The combination of large, internationally identified control buttons, a status panel with selectable metering, and 1/4 VGA display provides all important control and status parameters to show exactly how the transmitter is performing.

Hot-pluggability: This is a new feature of 3DX transmitters. An RF amplifier or binary amplifier can be removed for service without taking the transmitter off the air. A "key card" is provided with the transmitter for troubleshooting or safe removal of the module. Simply insert the card into the connector below the module to obtain module status information or use the disable switch for module removal.

Redundancy: 3DX-25 is available with optional dual digital exciters, dual low voltage power supplies, and redundant binary amplifier with power supply, all with automatic switchover.

assuredcommunications™



3DX-25 Specifications

General

Type of Modulation: Harris patented Direct Digital Drive Amplitude Modulation.
 Transmitter Type: Medium Wave, 100% solid state.
 Power Output Range: 10-27.5 kW. Transmitter capable of combined operation. Three adjustable power levels are provided.
 Frequency Range: 531 kHz to 1610 kHz. Supplied, tuned, and tested on one frequency as specified.
 AC Mains Input: 208, 240 VAC, 50 or 60 Hz with $\pm 11V$ taps. 380-485 VAC by special order.
 Power Supply Variation: $\pm 5\%$ voltage, $+5\%$ frequency for full performance. $+10/-15\%$ voltage transmitter operational.
 Transient Protection: Meets ANSI/IEEE C62.41-1980 requirements; includes high energy MOVs.
 Power Factor: 0.97 typical.
 Frequency Stability: 2 PPM over frequency range, 0 to 50° C. Higher stability available with external reference.
 Audio Input: -10 to $+10$ dBm, adjustable transformerless input; 600 and 20k terminators provided. Optional AES3 digital input, 110 ohm, -20 dBfs.
 RF Output: 3-1/8" EIA flange, bullet provided.
 RF Load: 50 ohms, fixed, unbalanced, resistive.
 VSWR: 1.2:1 or better for full rated power. Typical 1.3:1.
 Cabinet & Harmonic/Spurious Radiation: Meets or exceeds FCC, IC, and other world standards.
 Overall AC Efficiency: 85% or better at 25 kW.

Audio Performance

Audio Frequency Response: $+0.2/-0.8$ dB at 95% modulation, 20 Hz to 10 kHz. Reference 1 kHz.
 Total Harmonic Distortion: 0.7% or less at 95% modulation, 20 Hz to 10 kHz, 25 kW; 0.3% typical.
 Intermodulation Distortion: 1.0% or less 1:1, 60/7000 Hz; SMPTE at 95% modulation. Typical 0.4% 1:1, 1.0% 4:1 at 25 kW.
 Transient Intermodulation Distortion: 0.5% or less at 95% modulation, 2.96/8.0 kHz, 4:1. Typically 0.3%.
 Squarewave Overshoot: 0.5% or less 400 Hz, 80% modulation. Measured peak to peak. Typically less than 0.3%.
 Squarewave Tilt: 0.5% or less at 40 Hz, 80% modulation.
 Carrier Shift: Less than 1% at 95% modulation at 1 kHz. Typically less than 0.5%.
 Hum and Noise: -65 dB or better below 100% modulation (unweighted). Typically -70 dB.
 IQM: -36 dB at 1 kHz, 95% modulation; -40 dB typical.
 Positive Peak Capability: $+145\%$ or greater at 25 kW, audio program modulation, at nominal AC mains voltage.
 Duty Cycle: Continuous 100% modulated sine wave.

Service Conditions

Power Consumption: 29.5 kW or less typical at 25 kW, 0% modulation; 44 kW or less typical at 25 kW, 100% tone modulation.
 Ambient Temperature: 0° C to 50° C; derate 2° C per 1,000 feet (305 meters) of altitude.
 Temperature Rise: Approximately 3° C (Inlet/Outlet Air) at 4000 CFM.
 Humidity Range: 0 to 95% non-condensing.
 Altitude: Up to 13,000 feet (3962 meters).
 Size: 198 cm H x 260 cm W x 105 cm D (78" H x 102" W x 42" D) without fan/filter assembly. 198 cm H x 260 cm W x 137 cm D (78" H x 102" W x 54" D) with fan/filter assembly.
 Weight: 1506 Kg (3320 lbs.)

NOTES: 1. All measurements made into test load at rated power.
 2. Noise may degrade if AC lines are unbalanced.
 3. Audio performance measurements made with standard audio input, no special filters required to obtain these specifications.

Specifications subject to change without notice.



assuredcommunications™

Broadcast Communications Division | 4393 Digital Way | Mason, OH USA 45040
 phone: 513-459-3400 | email: broadcast@harris.com | www.harris.com

Copyright © 2004 Harris Corporation
 BAC 10/04